

Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella

Jesse Lietzén ja Mikko Kylliäinen

**RAKENNETTU
YMPÄRISTÖ**



Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella

Jesse Lietzén ja Mikko Kylliäinen

Helsinki 2014

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

YMPÄRISTÖHALLINNON OHJEITA I | 2014

Ympäristöministeriö
Rakennetun ympäristön osasto

Taitto: Marjatta Naukkarinen
Kansikuva: Ilona Osara

Julkaisu on saatavana vain internetistä:
www.ym.fi/julkaisut

Helsinki 2014

ISBN 978-952-11-4255-0 (PDF)
ISSN 1796-1653 (verkkokoj.)

ESIPUHE

Rakennusten asuntojen välinen **ääneneristys** on keskeinen tekijä asumisterveyden ja -viihtyvyyden kannalta. Ääneneristyksen mitoittaminen ja todentaminen perustuvat ääneneristävyydelle annettuihin määräyksiin.

Ohjeen tarkoituksena on auttaa vertaamaan eri aikakausina saatuja ääneneristystutkimusten mittaustuloksia keskenään. Tätä varten on esitetty menetelmä, jolla tulokset ja vaatimustaso saatetaan vertailukelpoisiksi keskenään. Ohjeessa on lisäksi esitetty rakennusten ääniolosuhteita koskevassa sääntelyssä ja ohjeistuksessa tapahtuneet muutokset, sekä kootusti eri aikakausina voimassa olleet ääneneristysmääräykset Suomessa. Ohjeessa on myös esitetty ohjeita ääneneristyksestä korjaushankkeissa.

Ohje tarjoaa suunnittelijoille ja rakennusvalvontaviranomaisille tietoa ääneneristysmääräysten tulkintaan ja sitä voivat hyödyntää myös taloyhtiöt, isännöitsijät sekä asuntojen ostajat.

Ohjeen ovat laatineet ympäristöministeriön toimeksiannosta dipl.ins. Jesse Lietzén ja tekn. lis. Mikko Kylliäinen. Työtä ovat ympäristöministeriön puolesta valvoneet ja ohjanneet ympäristöneuvos Ari Saarinen ja yliarkkitehti Pekka Lukkarinen.

Helsingissä joulukuun 13 päivänä 2013

Ari Saarinen
Ympäristöneuvos

SISÄLLYS

Esipuhe	3
1 Johdanto ja soveltamisala	7
2 Määritelmät	8
3 Asuinhuoneistojen ääneneristävyyttä koskevien määräysten kehittyminen	10
3.1 Ääneneristävyyttä koskevat suositukset ja säädökset ennen vuotta 1975	10
3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma	12
3.3 Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907	13
3.4 Muut voimassa olevat määräykset, suositukset ja ohjeistukset	13
4 Menetelmä ääneneristävyyden mittalukujen määrittämiseksi vanhoista mittaustuloksista	14
4.1 Eri aikoina määritettyjen mittalukujen vertailtavuus	14
4.2 Ääneneristävyyden määrittäminen vuoden 1998 menetelmien mukaisesti	15
4.2.1 Ilmääneneristävyys	15
4.2.2 Askelääneneristävyys	17
4.3 Menetelmä ääneneristävyyden määrittämiseksi vanhoista mittaustuloksista	18
4.3.1 Ääneneristävyysarvojen määrittäminen	18
4.3.2 Tarvittavat tiedot	19
4.3.3 Laskentaesimerkkejä	20
5 Asuinkerrostalojen akustisen laadun kehittyminen vuosina 1955–2008	26
5.1 Ääneneristävyyden vaatimustason kehittyminen	26
5.2 Asuinhuoneistojen ääneneristävyyden kehittyminen	27
5.3 Asukkaiden kokemat ääniolosuhteet	30
5.4 Ääntä eristävien rakenteiden kehittyminen	30
5.5 Asuinkerrostalojen ääneneristävyys Suomessa verrattuna muihin maihin	31

6	Ääneneristys korjaushankkeissa.....	36
6.1	Korjaushankkeita koskevat säädökset	36
6.2	Esimerkkejä korjaus- ja muutostöistä.....	37
6.2.1	Lattianpäällysteen vaihto	37
6.2.2	Uuden hissin rakentaminen.....	37
6.2.3	Putkiremontti.....	37
6.2.4	Ikkunaremontti	38
6.2.5	Julkisivuremontti	38
6.2.6	Rakenteiden tiivistäminen	39
	<i>Lähteet</i>	40
	<i>Liitteet</i>	42
	<i>Liite 1 Ääneneristysmääräykset ja -suositukset vuodesta 1955 lähtien</i>	43
	<i>Liite 2 Ääneneristävyysarvojen määrittäminen vuosien 1955 ja 1960 mukaisista arvoista vuoden 1998 määräysten mukaisiksi</i>	60
	<i>Liite 3 Ääneneristystutkimusten tulokset</i>	62
	<i>Kuvailulehti</i>	66
	<i>Presentationsblad</i>	67
	<i>Documentation page</i>	68

1 Johdanto ja soveltamisala

Rakennusten ääniolosuhteita koskevia säädöksiä on Suomessa ollut 1920-luvulta lähtien. Tällöin ääniolosuhteita koskevat vaatimukset annettiin sanallisesti eikä määräysten täyttymistä voitu todeta esimerkiksi mittauksin. Teknisinä mittalukuina ääneneristystä koskevia suosituksia on esitetty vuodesta 1955 saakka. Ensimmäiset säädöstasoiset vaatimukset teknisinä mittalukuina annettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmassa vuonna 1975. [10]

Suomessa on tehty asuinrakennusten ääneneristystutkimuksia 1950-luvulta lähtien. VTT:n ja muiden ääneneristystutkimuksia teettäneiden tahojen vuosina 1955–2008 toteuttamissa tutkimushankkeissa mitattiin asuinkeuhkaloissa asuinhuoneistojen välistä askel- ja ilmaääneneristävyttä pysty- ja vaakasuunnassa. Näiden mittaustulosten perusteella on mahdollista selvittää asuinkeuhkalojen ääneneristävyden kehittymistä ja eri aikakausina rakennetun asuinkeuhkalokannan ääneneristävyden tasoa. [14]

Tämä ohje tarjoaa suunnittelijoille ja rakennusvalvontaviranomaisille tietoa siitä, miten eri aikakausina noudatettuja ääneneristysmääräyksiä voidaan tulkita, kun arvioidaan asuinhuoneiston ääneneristävyttä. Myös eri aikakausina voimassa olleet ääneneristysmääräykset on esitetty kootusti ja tiivistetysti ohjeessa liitteenä. Koska määräyksissä ja suosituksissa esitetyt mittalukujen laskentamenetelmät ovat muuttuneet, eri aikakausina saatuja mittaustuloksia ei voida aina suoraan verrata keskenään, vaikka tulosten merkintätapa olisikin sama. Ohjeessa esitetään menetelmä, jolla vuodesta 1955 lähtien tehtyjen ääneneristystutkimusten tulokset ja vaatimustaso saadaan vertailukelpoisiksi keskenään. Tässä ohjeessa esitetään lisäksi, miten eri aikakausina annetut rakennusten ääneneristystä koskevat määräykset ja suositukset ovat muuttuneet ajan saatossa niissä esitettyine menetelmineen ja vaatimustasoineen.

Ohjetta voivat hyödyntää myös taloyhtiöt, isännöitsijät sekä asuntojen ostajat, joille ääneneristävyys on ostopäätöstä tehtäessä tärkeä valintaperuste. Ohjeessa esitetään, miten asuinhuoneistojen välinen ääneneristävyys on keuhkaloissa kehittynyt 1950-luvulta 2000-luvulle. Esitetyt tulokset koskevat pääasiassa betonirakenteisten asuinkeuhkalojen ääneneristystä. Ohjeessa on lisäksi esitetty ohjeita ääneneristyksestä korjaushankkeissa. Sen yhteydessä on esitetty joitakin tavanomaisia rakennusten korjaus- ja muutostöihin liittyviä tilanteita, joissa ääneneristävyys on otettava huomioon.

2 Määritelmät

Absorptioala A [m²]

Absorptioala kertoo huoneessa olevan vaimennusmateriaalin kokonaismäärän neliömetreinä. Yhden neliömetrin absorptioala vastaa yhtä neliömetriä sellaista materiaalia, jonka absorptiosuhde on 1. Absorptioala on pinnan ala kerrottuna sen absorptiosuhteella.

Absorptiosuhde α

Absorptiosuhde kuvaa materiaaliin siirtyneen eli pinnan absorboiman ja siihen kohdistuneen äänitehon suhdetta. Absorptiosuhde saa arvoja väliltä 0...1.

Askelääneneristävyys

Kuvaa rakenteen tai materiaalin kykyä vähentää ja eristää rakenteeseen kohdistuneista iskuista, kuten kävelystä, esineiden putoamisesta, huonekalujen siirtämisestä tai lasten leikkimisestä, muodostuvien runkoäänien siirtymistä toiseen tilaan. Askelääneneristävyys riippuu taajuudesta.

Askelääni

Askelääni on huoneen lattiaan kohdistuvasta kävelystä, huonekalujen siirtämisestä, imuroinnista tms. toiminnasta aiheutuva toisessa tilassa kuultava ääni.

Askeläänikoje

Askeläänikoje on standardoitu askeläänien synnyttämiseen tarkoitettu koje, jonka vastaanottohuoneeseen tuottamien äänenpainetasojen perusteella arvioidaan rakenteen askelääneneristävyyttä. Kojeessa on viisi 0,5 kg painavaa vasaraa, joista kukin putoaa 40 mm korkeudelta lattialle aiheuttaen rakenteeseen kohdistuvan iskun kahdesti sekunnissa.

Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ [dB]

Tilojen välistä askelääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla standardoidun askelääninikojen vastaanottohuoneeseen tuottamaa rakennuksessa mitattua taajuuskaistaista äänenpainetasoa standardoituun vertailukäyrään. Askeläänitasoluku kuvaa, kuinka paljon rakenteeseen kohdistuneesta askeläänestä siirtyy toiseen tilaan. Askeläänitasoluku on sitä pienempi, mitä parempi rakenteen askelääneneristävyys on.

Desibeli [dB]

Desibeli on tason ja tasoeron yksikkö, jossa tehojen tai tehoon verrannollisten suureiden suhteesta on otettu kymmenkantainen logaritmi ja tämä on kerrottu luvulla 10.

Ilmaääneneristysluku R_w [dB]

Rakenteen tai rakennusosan ilmaäänieristystä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään.

Ilmaääneneristysluku rakennuksessa R'_w [dB]

Kahden tilan välistä ilmaääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertailukäyrämenettelyn avulla, kun tiedetään taajuuskaistainen rakennuksessa mitattu ilmaääneneristävyys ja verrataan sitä standardoituun vertailukäyrään. Ilmaääneneristysluku kertoo, kuinka paljon rakenne eristää siihen kohdistunutta ilmaääntä. Ilmaääneneristysluku on sitä suurempi, mitä parempi kahden tilan välinen ilmaääneneristys on.

Ilmaääneneristävyys

Rakenteen kohdanneen ilmaäänien äänitehon ja rakenteen kautta toiseen tilaan siirtyneen äänitehon suhde. Rakenteen tai materiaalin kyky eristää äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävää ääntä. Ilmaääneneristävyys riippuu taajuudesta.

Ilmaääni

Äänilähteen tuottama ääni, joka leviää ilman välityksellä ympäristöön. Ilmaääntä aiheuttavat muun muassa puhe, musiikki tms. toiminta.

Jälkikaiunta-aika T [s]

Jälkikaiunta-aika on aika, jona tilaan muodostunut äänenpaine laskee 60 dB, kun tilassa oleva äänilähde sammutetaan äkillisesti. Jälkikaiunta-aika riippuu taajuudesta.

Sivutiesiirtymä

Äänen kulkeutuminen toiseen tilaan tiloja erottavaa rakenteita sivuavien rakenteiden ja LVIS-järjestelmien osien kautta. Sivutiesiirtymä sisältää äänen siirtymisen tilojen välillä muita kuin tiloja erottavan rakenteen kautta.

Äänenpainetaso L_p [dB]

Äänenpaineen tehollisarvon ja standardoidun vertailuäänepaineen $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ suhteen kymmenkantainen logaritmi kerrottuna luvulla 20. Äänenpainetaso kuvaa äänen voimakkuutta. Vertailuäänepaine on valittu siten, että se vastaa suunnilleen normaalikuuloisen ihmisen kuulokynnystä.

3 Asuinhuoneistojen ääneneristävyyttä koskevien määräysten kehittyminen

3.1

Ääneneristävyyttä koskevat suositukset ja säädökset ennen vuotta 1975

Asuinrakennusten ääniolosuhteista on säädetty lailla vuodesta 1920 lähtien, kun 13.2.1920 laki eräistä naapuruussuhteista (26/1920, NaapL) annettiin. Vuoden 1932 asemakaavalakiin (145/1931) liittynyt rakennussääntö edellytti asuinhuoneistojen suojaamista tyydyttävästi viereisten sekä ala- ja yläpuolisten huoneistojen melulta. Vuonna 1958 annetun rakennuslain nojalla säädetyn rakennusasetuksen (266/1959, RakA) mukaan asuinhuoneisto oli rakennettava siten, että siinä oli tyydyttävä ääneneristys.

Ennen vuotta 1967 akustiikkaan liittyviä suosituksia esitettiin 1930-luvulta lähtien rakennusalan lehdissä julkaistuissa artikkeleissa ja 1940-luvun lopulta lähtien oppi- ja käsikirjoissa. Asuinrakennusten ääneneristävyyttä koskevien säädösten velvoittavuus koettiin 1950-luvulla puutteelliseksi, koska ennen vuotta 1967 ääneneristysvaatimukset määriteltiin sanallisesti. Ääneneristysnormien laatimista ehdotti ensimmäistä kertaa vuonna 1948 Ääniteknillinen Yhdistys, jonka johtokunta ehdotti, että sisäasianministeriö asettaisi komitean valmistelemaan normeja. [10]

1950-luvulle tultaessa myös Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen rakennusteknillinen laboratorio oli alkanut osoittaa kiinnostustaan asuinrakennusten ääniolosuhteisiin. Ensimmäiset yritykset mitata uusien asuinrakennusten ääneneristävyyttä VTT oli tehnyt vuonna 1949. Vuonna 1952 VTT sai yleisten töiden ministeriöltä määrärahan tutkimukseen, jonka tarkoituksena oli määrittää tuolloin yleisesti käytössä olleiden ja joidenkin uusien väliseinä- ja välipohjarakenteiden ääneneristysominaisuudet rakennuksissa tehtävin mittauksin. Tutkimus julkaistiin vuonna 1955 nimellä Kerrostalojen ääneneristystutkimus. Tutkimusraportissa annettiin ensi kerran Suomessa suositukset ääneneristyksen vaatimustasoille teknisinä mittalukuina. VTT laati ohjearvonsa tutkimuksen yhteydessä tehdyn haastattelututkimuksen ja tutkijoiden valmiissa rakennuksissa tekemien havaintojen perusteella. Ilmaaäneneristystä koskevat ohjearvot olivat samanlaiset kuin saksalaisessa standardissa, mutta askelääneneristysvaatimusta oli tiukennettu 6 dB saksalaisiin vaatimuksiin verrattuna. Annetut ohjearvot ja tutkimuksessa käytetyt mittalukujen laskentamenetelmät on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 1. [10, 41]

Vuoden 1955 lopulla Suomi liittyi jäseneksi Pohjoismaiseen neuvostoon, jonka päämääränä oli yhtenäistää jäsenmaiden rakentamismääräykset. Koska Suomen liittyessä neuvostoon oli kaikissa muissa jäsenmaissa jo laadittu kansalliset ääneneristysmääräykset, päätti määräysten yhtenäistämistä kehittävä valiokunta aloittaa työnsä valitsemalla yhdeksi käsiteltäväksi aiheekseen ääneneristysten. [10]

Vuodesta 1957 alkaen pohjoismaisen toimikunnan rinnalla työskennelleen kotimaisen toimikunnan tarkoituksena oli saada aikaan ensimmäiset suomalaiset ääneneristysmääräykset, jotka mukailisivat mahdollisimman paljon tulevaa pohjoismaista määräysehdotusta. Ääneneristysmääräysten laadintaa varten asetettu toimikunta jätti ministeriölle ensimmäisen ehdotuksensa suomalaisiksi ääneneristysmääräyksiksi vuoden 1958 lopussa tehtävän määräajan loppuessa. Koska kotimaisen toimikunnan tavoitteena oli samalla kiirehtiä toiminnassaan pohjoismaiden yhteisiä ääneneristysmääräyksiä laativan komitean edelle eikä vielä tiedetty, millaisen muodon yhteispohjoismainen askelääneneristysmääräys tulisi saamaan, toimikunta sai työnsä jatkamiselle määräaikaan vuoden 1960 loppuun asti. Toimikunnan työn tuloksena saatiin aikaan vuonna 1960 VTT:n tutkimusraporttisarjassa julkaistu Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi. Vaikka Pohjoismaiden neuvoston tavoite yhtenäisten ääneneristysmääräysten julkaisemisesta jäikin erimielisyyksien takia saavuttamatta, oli yhteistyö vaikuttanut siihen tapaan, jolla kotimainen toimikunta suositteli rakennuksissa tehtävät ääneneristysmittaukset suoritettaviksi. [4, 10]

Kotimaisen toimikunnan tekemään normiehdotukseen vaikuttivat pohjoismaisen yhteistyön lisäksi myös kansainvälinen kehitys. Saksalaisten vuonna 1959 ääneneristysnormeistaan julkaisemaan uuteen versioon sisältyi mittalukujen laskentatapa, joka mahdollisti rakenteiden vertailun helposti: kun vuonna 1953 saksalaiset olivat päätyneet esittämään sekä rakenteiden mittaustulokset että ääneneristysvaatimukset käyrinä, uudistetuissa normeissa näistä käyristä johdettiin yksi luku. Kotimainen toimikunta päätti sisällyttää tämän laskentamenetelmän omaan normiehdotukseensa. Normiehdotuksessa asuinrakennuksille esitetyt mittalukujen laskentamenetelmät, tulosten esittäminen ja vaatimustasot on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 1. [4, 10]

Ehdotuksessa ääneneristysmääräyksiksi esitettiin rakennukset jaettavaksi kolmeen ääneneristysluokkaan, joista luokka I oli ankarin ja luokka III lievin. Luokan I määräykset oli tarkoitettu lähinnä rivitalotyypisille asuinrakennuksille ja eräin edellytyksin myös sairaaloihin, luokka II kivirakenteisia kerrostaloja varten ja luokka III kahden tai useamman perheen asuttamille puurakennuksille sekä koulu- ja liikerakennuksille. [4]

1960-luvun puolivälissä Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry kutsui koolle ääneneristysmääräyksiä valmistelevan toimikunnan. Ääneneristysnormit [27] laadittiin komiteatyönä kansainvälisen yhteistyön pohjalta vuosina 1965–1967 ja julkaistiin vuonna 1967. Ääneneristysnormit mahdollistivat sen, että rakennusten ääniolosuhteiden toteutuminen voitiin tarvittaessa tutkia mittaamalla ja saatuja mittalukuja voitiin verrata annettuihin raja-arvoihin. Vaikka yhdistyksen julkaisut eivät olleet säädösten asemassa, rinnastettiin ne usein säädöksiin. Näin kävi myös Ääneneristysnormeille: esimerkiksi Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto vaati niiden noudattamista. [10]

Ääneneristysnormit koskivat vain talonrakennusta ja niissä määriteltiin rakenteiden pienimmät sallitut ääneneristysarvot. Lisäksi esitettiin joitain esimerkkirakenteita ja niiden tunnus-

lukuja sekä ohjeita rakennusten akustista suunnittelua varten. Normeissa huomautettiin, että mikäli haluttiin käyttää uutta rakennetta, jonka ääneneristyksestä ei ollut saatavissa luotettavia tietoja, oli rakennuttaja velvollinen suorittamaan tarpeelliset tarkistusmittaukset. [27] Liitteessä 1 on esitetty kokonaisuudessaan kansainvälisiä standardeja [7] vastaavat mittalukujen laskentamenetelmät, tulosten esittäminen ja vaatimustasot.

Ääneneristysnormit uusittiin vuonna 1971. Normien määräysosa säilytettiin ennallaan eräitä vähäisiä täsmennyksiä lukuun ottamatta. Asuinhuoneistojen ääniolosuhteisiin liittyvät määräykset olivat kuitenkin samat kuin vuoden 1967 ääneneristysnormeissa. Suurin uudistus verrattuna Ääneneristysnormien ensimmäiseen painokseen oli se, että normien teknillisiä ohjeita täydennettiin uusilla esimerkkirakenteilla. [28]

3.2

Suomen rakentamismääräyskokoelma

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1975. [34] Tällöin annetut määräykset tulivat voimaan 1.7.1976 ja siitä lähtien rakentamismääräykset ovat määritelleet asuinrakennusten ääneneristyksen vaatimustason Suomessa. Rakentamismääräyskokoelman osaa C1 on uudistettu tähän mennessä kaksi kertaa: vuonna 1984 uudistetut määräykset tulivat voimaan 1.7.1985 ja vuoden 1998 määräykset vuoden 2000 alussa. [35, 36] Rakentamismääräyskokoelman osaa C1 on aikaisemmin täydentänyt osa C5, jossa esitettiin hyväksyttäviä ratkaisuja sisältäviä ohjeita. Osa C5 julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1978 ja uudistettiin vuonna 1984. [37, 38]

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 annettiin vuonna 1975 ensi kerran Suomessa säädöstasoiset ääneneristysmääräykset teknisinä mittalukuina. Määräyksessä asuinhuoneistoille asetetut vaatimustasot eivät kuitenkaan muuttuneet vuonna 1967 ääneneristysnormeissa esitetyistä. [12, 14, 34] Määräysten vaatimukset ilma- ja askelääneneristykselle on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C5 julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1978. Siinä esitetyt mittalukujen laskentamenetelmät eivät myöskään tuoneet muutosta sitten vuoden 1967 (liite 1). Kaikki mittaluvut tuli määrittää kansainvälisten ISO-standardien mukaisesti. [6, 37]

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 uudistettiin ensimmäisen kerran vuonna 1984. Ympäristöministeriö julkaisi määräykset ja ne tulivat voimaan 1.7.1985. Liitteessä 1 on esitetty määräyksessä esitetyt vaatimukset asuinhuoneistoille. [35] Samalla uudistettiin myös ohjeosa C5. [37] Uudistuksessa päivitettiin muun muassa käsitteitä, suositeltavia esimerkkirakenteita ja mittausmenetelmiä. Mittalukujen laskentamenetelmä on esitetty liitteessä 1. [38]

Ympäristöministeriö julkaisi nykyisin voimassaolevat Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 ääneneristysmääräykset ja -ohjeet vuonna 1998 ja ne tulivat voimaan vuoden 2000 alussa. Määräysten uudistuksen yhteydessä rakentamismääräyskokoelman osa C5 kumottiin ja ohjeet ääneneristämisestä siirtyivät osaan C1. Osaa C1 täydentää ympäristöministeriön ympäristöopas 99. [40] Vuoden 2000 alusta voimaan tulleet rakentamismääräykset korottivat ääneneristysvaatimuksia ensi kerran vuoden 1967 jälkeen. [10, 12, 14] Uudistetun osan C1 mää-

räykset ja ohjeet koskevat rakenteellista ääneneristystä ja meluntorjuntaa uudisrakennuksessa. Määräyksessä esitetyt mittausmenetelmät ja vaatimukset on esitetty liitteessä 1.

3.3

Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907

Standardi SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus julkaistiin ensi kerran vuonna 2004. Standardi ei ole määräys vaan suositus, joka on tarkoitettu opastavaksi asiakirjaksi ja jonka käyttö on vapaaehtoista. Sen tarkoituksena on tukea suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden työtä täydentämällä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 määräyksiä ja ohjeita. Standardissa annetaan mm. ohjeita erilaisissa rakennuksissa tavoiteltavasta ääneneristyksestä. Tavoitteet on määritetty teknisinä mittalukuina. [32]

Standardissa on otettu käyttöön eri rakennustyyppien akustinen luokitus, jonka tarkoituksena on helpottaa työtä akustisesti tarkoitustenmukaisten tilojen aikaansaamiseksi ja valintojen tekemiseksi. Järjestelmässä rakennukset jaetaan luokkiin A, B, C ja D, joista C vastaa vähimmäistasoa ja muun muassa asuinhuoneistojen tapauksessa vuoden 1998 rakentamismääräysten vaatimustasoa. Luokat A ja B vastaavat akustisilta ominaisuuksiltaan tavanomaisia rakennuksia parempaa tasoa. Luokka D on tarkoitettu vanhoja rakennuksia varten, kun vanhan rakennuksen akustisia ominaisuuksia halutaan todentaa mittaamalla. Rakennuksen voidaan todeta kuuluvan johonkin akustiseen luokkaan vain kenttämittauksin. Standardissa SFS 5907 asuinhuoneistoille annetut suositukset on esitetty liitteessä 1. [32]

3.4

Muut voimassa olevat määräykset, suositukset ja ohjeistukset

Suomessa asuinhuoneistojen akustiikkaa koskevista asiakirjoista vain Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 on määräysasemassa. Rakennusten ääneneristysvaatimusten katsotaan täyttyvän riittävän hyvin, kun rakennukset suunnitellaan ja toteutetaan kyseisten määräysten mukaisesti. Vaihtoehtoisesti vaatimusten täyttyminen voidaan todeta myös jälkeenpäin esimerkiksi kenttämittauksin luvussa 4.2 esitetyllä tavalla. [36]

Rakentamismääräyskokoelman osan C1 lisäksi Suomessa on käytössä erilaisia asuinhuoneistojen akustiikkaan liittyviä ohje- ja suosituslukuarvoja. Akustiikkaan liittyviä ohjearvoja esitetään mm. rakentamismääräyskokoelman osissa C1 ja D2 sekä Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992. Suositusarvoja taas sisältävät Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907 ja Sisäilmayhdistys ry:n julkaisu Sisäilmastoluokitus, 2008. Lisäksi Sosiaali- ja terveysministeriön oppaat 1:2003 sekä Asumisterveysohje sisältävät terveysvaikutusten kannalta tärkeitä akustiikan lukuarvoja ottaen huomioon melun terveysvaikutusten lisäksi myös viihtyisyyteen liittyviä tekijöitä. Suunnittelua ohjaavia suosituksia sekä suunnittelumenetelmiä sisältyy myös Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisemaan ohjesarjaan Rakennusten akustinen suunnittelu. [29]

4 Menetelmä ääneneristävyyden mittalukujen määrittämiseksi vanhoista mittaustuloksista

4.1

Eri aikoina määritettyjen mittalukujen vertailtavuus

Asuinkerrostalojen ääneneristyksen kehittymistä ei mittalukujen määrittelyssä tapahtuneiden muutosten vuoksi ole mahdollista arvioida vertaamalla tutkimuskirjallisuudessa ja mittausraporteissa esitettyjä mittalukuja suoraan toisiinsa. Esimerkiksi nykyisin voimassa olevissa, vuoden 1998 rakentamismääräyksissä määriteltyjen ilmaääneneristyslukujen R'_w ja askeläänitasolukujen $L'_{n,w}$ laskenta mittaustuloksista poikkeaa edellisissä, vuoden 1985 määräyksissä määritellyistä luvuista, vaikka suureiden merkintä on täysin sama. [14] Toisaalta taas vuoden 1975 rakentamismääräyskokoelmassa asetetaan askelääneneristävyydelle kerrostalohuoneistojen välille vaatimus askeläänentasoindeksinä L_v , jonka arvon tuli olla enintään 63 dB. Vuoden 1985 rakentamismääräyskokoelmassa askeläänentasoindeksin korvasi askeläänitasoluku $L'_{n,w}$, jonka arvo sai olla enintään 58 dB. Näyttäisi siis siltä, että vaatimus on vuonna 1985 kiristynyt 5 dB. Näin ei kuitenkaan ole, vaan 5 dB ero vaatimuksissa johtui mittalukujen määrittelystä. Askeläänitasolukuna $L'_{n,w}$ määriteltynä vuoden 1975 vaatimus on myös 58 dB eli sama kuin kymmenen vuotta myöhemmin. [12, 14]

Mittaustulosten vertailu edellyttää mittalukujen tulkintaa, joka on mahdollista, koska tapa, millä itse mittaus rakennuksessa on suoritettu, on säilynyt ennallaan 1950-luvulta saakka. Luontevin ratkaisu on varhaisemmassa tutkimuskirjallisuudessa esitettyjen mittalukujen muuntaminen vastaamaan voimassa olevissa, vuoden 1998 rakentamismääräyksissä esitettyjä mittalukuja. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että aiemmissa tutkimusraporteissa taajuuksittain esitetyistä ilmaääneneristävyyksistä tai askeläänitasoista tulee laskea uudelleen ilmaääneneristysluvut R'_w ja askeläänitasoluvut $L'_{n,w}$ nykyisten määritelmien mukaisesti. [14] Myös eri aikakausien suosituksissa ja määräyksissä esitetyt raja-arvot asuinhuoneistojen väliselle ilma- ja askelääneneristävyydelle tulee muuntaa vastaavalla tavalla, jotta myös ne olisivat vertailukelpoisia. Tällä tavalla saadaan tietoa siitä, mikä oli vuosikymmeniä sitten valmistuneen rakennuskannan ääneneristävyys silloin, kun rakennukset olivat uusia.

Ääneneristysmittauksissa käytetyt mittausmenetelmät ovat pysyneet samankaltaisina vuodesta 1967 lähtien, jolloin Ääneneristysnormit [27] julkaistiin. Ennen Ääneneristysnormeja VTT:n vuonna 1955 julkaisemassa tutkimuksessa [41] ja vuonna 1960 julkaistussa normiehd-

tuksessa [4] esitetyt mittausten menetelmät perustuivat kuitenkin erilaiseen tapaan korjata mitatut äänenpainetasot, joten näin saadut tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia nykyisten vaatimusten kanssa. Näin ollen ennen vuotta 1967 tehtyjen ääneneristysmittausten taajuuskaistaiset mittaustulokset tulee muuntaa nykyisiä taajuuskaistaisia mittaustuloksia vastaaviksi.

Vuoden 1955 ja 1960 ohjeissa on esitetty, että mitatut äänenpainetasot korjataan termillä, joka on riippuvainen vastaanottohuoneen jälkikaiunta-ajasta. Tämä korjaustermi esiintyi sekä ilmaääneneristävyyden (kaavat Liite 1.1 ja Liite 1.3) että askelääneneristävyyden (kaavat Liite 1.2 ja Liite 1.4) kaavoissa. Nykyisessä ilmaääneneristävyyden R' määritelmässä korjaustermi riippuu taas vastaanottohuoneen absorptioalasta ja tutkittavan rakenneosan pinta-alasta (kaava 4.3). Askelääneneristävyyden L'_n kaavassa esiintyvä termi sitä vastoin riippuu ainoastaan vastaanottohuoneen absorptioalasta (kaava 4.4).

4.2

Ääneneristävyyden määrittäminen vuoden 1998 menetelmien mukaisesti

4.2.1

Ilmaääneneristävyys

Ilmaääneneristävyyden tarkoituksena on vähentää huonetilaan synnytetyn ilmaäänien, kuten puheen ja musiikin siirtymistä toiseen tilaan. Ilmaääneneristävyyttä mitattaessa suoritetaan äänenpainetasojen ja vastaanottohuoneen jälkikaiunta-ajan mittaukset. Mittaukset suoritetaan 16 kolmannesoktaavikaistalla taajuusalueella 100–3150 Hz. Äänenpainetasoja mitattaessa äänilähde sijoitetaan vähintään kahteen paikkaan lähetyshuoneessa. Äänenpainetasot mitataan vähintään viidessä pisteessä sekä lähetys- että vastaanottohuoneissa. Mittauspisteiden etäisyydet toisistaan ja huoneen seinistä on määritelty standardeissa ISO 140-3 ja ISO 140-4. Suoritettujen mittausten perusteella lasketaan äänenpainetasojen paikkakeskiarvo kaavan 4.1 mukaisesti [9]:

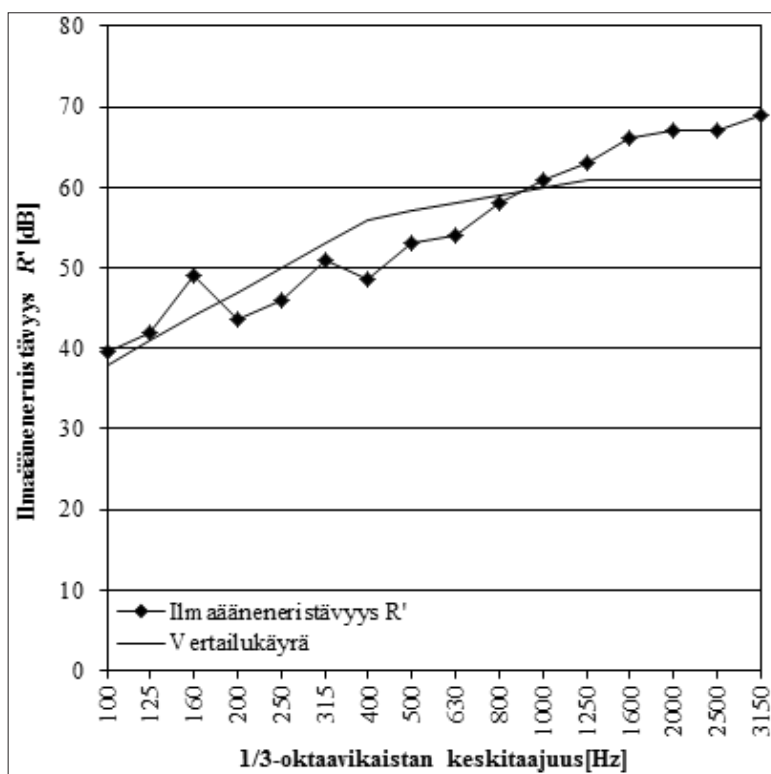
$$L' = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^j 10^{\frac{L_j}{10}} \right) \quad (4.1)$$

Vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aikaa T [s] mitattaessa äänilähde sijoitetaan vähintään yhteen paikkaan ja mikrofoni vähintään kolmeen paikkaan, joista kustakin mitataan jälkikaiunta-aika vähintään kahdesti. Saaduista tuloksista määritetään jälkikaiunta-ajan keskiarvo. Sabine kaavaa (kaava 4.2) käyttämällä saadaan jälkikaiunta-ajan keskiarvon ja vastaanottohuoneen tilavuuden V [m³] perusteella vastaanottohuoneen absorptioala A [m²]. Rakenteen ilmaääneneristävyys R' saadaan laskettua mitattujen lähetys- ja vastaanottohuoneiden äänenpainetasojen L'_1 ja L'_2 , vastaanottohuoneen absorptioalan ja tutkittavan rakenteen pinta-alan S [m²] perusteella kaavan 4.3 mukaisesti [9]:

$$T = 0,16 \left(\frac{V}{A} \right) \quad (4.2)$$

$$R' = L'_1 - L'_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) \quad (4.3)$$

Ilmääneneristävyyksistä muodostetaan vertailukäyrämenettelyllä ilmääneneristysluku R'_w . Menettelyssä vertailukäyrää siirretään 1 dB pykälän pystysuunnassa, kunnes vertailukäyrän alapuolelle jäävien ilmääneneristävyyksien R' , eli epäsuotuisten poikkeamien, summa on mahdollisimman suuri, mutta alle 32 dB. Kun vertailukäyrä on asetettu oikeaan paikkaansa, ilmääneneristysluku R'_w luetaan vertailukäyrältä 500 Hz kohdalta. Mitä suurempi saatu ilmääneneristysluku on, sitä parempi on rakenteen ilmääneneristävyys. Kuvassa 4.1 on esitetty erään ilmääneneristävyyksien mittausten tulokset ja ilmääneneristysluvun määrittämiseen käytetty vertailukäyrä.



Kuva 4.1. Eräs mittaustulos ja vertailukäyrä rakenteen ilmääneneristysluvun R'_w ollessa 57 dB.

4.2.2

Askelääneneristävyys

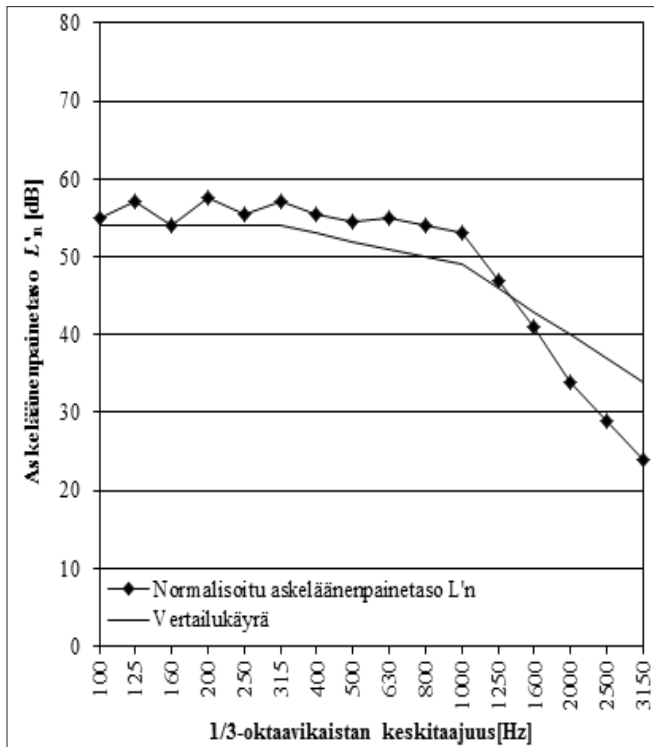
Askelääneneristyksellä pyritään vähentämään rakenteisiin kohdistuvien iskujen, kuten kävelyn, huonekalujen siirtelyn ja lasten leikkimisen, aiheuttamien äänten siirtymistä toisiin tiloihin. Askelääneneristystä mitattaessa tulee mitata standardoidun askeläänikojeen vastaanottohuoneeseen tuottamat äänenpainetasot ja vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika. Jälkikaiunta-aika mitataan luvussa 4.2.1 esitetyllä tavalla.

Askeläänikojeessa kukin viidestä 0,5 kg painavasta vasarasta putoaa 40 mm korkeudelta lattialle aiheuttaen lattiaan kohdistuvan iskun kahdesti sekunnissa. Mittaukset suoritetaan 16 kolmannesoktaavikaistalla taajuusalueella 100–3150 Hz. Äänenpainetasoja mitattaessa askeläänikoje tulee sijoittaa vähintään neljään paikkaan lähetyshuoneessa ja sen aiheuttamaa ääntä mitataan vastaanottohuoneessa vähintään neljässä kohdassa. Mittauksia tulee tehdä vähintään kuusi. Eri kohdista mitattujen äänenpainetasojen energettinen keskiarvo lasketaan kaavan 4.1 mukaisesti. [9]

Tilaan syntyvä askeläänepainetaso riippuu absorptioalasta, joka saadaan määritetyksi, kun mitataan vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika ja tilavuus. Absorptioala määritetään Sabine kaavalla 4.2. Mitatut askeläänepainetasojen keskiarvot normalisoidaan vertailuabsorptioalan A_0 avulla, jonka arvo on 10 m^2 . Normalisoitu askeläänepainetaso L'_n saadaan kaavasta 4.4 [9]:

$$L'_n = L'_i + 10 \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (4.4)$$

Askeläänepainetasoista muodostetaan vertailukäyrämenettelyllä askeläänitasoluku $L'_{n,w}$. Menettelyssä vertailukäyrää siirretään 1 dB pykälin pystysuunnassa, kunnes vertailukäyrän yläpuolelle jäävien askeläänepainetasojen $L'_{n'}$, eli epäsuotuisten poikkeamien, summa on mahdollisimman suuri, mutta alle 32 dB. Kun vertailukäyrä on asetettu oikeaan paikkaansa, askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ luetaan vertailukäyrältä 500 Hz kohdalta. Mitä pienempi saatu askeläänitasoluku on, sitä parempi on rakenteen askelääneneristävyys. Kuvassa 4.2 on esitetty erään askelääneneristysmittauksen tulokset ja askeläänitasoluvun määrittämiseen käytetty vertailukäyrä.



Kuva 4.2. Eräs mittaustulos ja vertailukäyrä rakenteen askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ ollessa 52 dB.

4.3

Menetelmä ääneneristävyyden määrittämiseksi vanhoista mittaustuloksista

4.3.1

Ääneneristävyyssarvojen määrittäminen

Jotta vuosina 1955 ja 1960 julkaistujen ohjeiden [4, 41] mukaiset ilmääneneristävyydet saataisiin vastaamaan vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelmassa esitettyjä mittalukuja, tulee ohjeissa esitettyjen kaavojen mukaisiin vanhoihin mittaustuloksiin lisätä muuntotermi $\Delta R'$ [dB] (kaava 4.6), joka saadaan, kun nykyisestä ilmääneneristävyyden määritelmästä R'_{uusi} [dB] vähennetään ohjeissa esitetty ilmääneneristävyyden määritelmä R'_{vanha} [dB] (kaava Liite 2.1) [14]. Ennen vuotta 1967 mitatut taajuuskaistaiset ilmääneneristävyydet voidaan muuntaa vuonna 1998 esitettyjä ilmääneneristävyyksiä vastaaviksi kaavan (4.5) mukaisesti:

$$R'_{\text{uusi}} = R'_{\text{vanha}} + \Delta R' \quad (4.5)$$

jossa

$$\Delta R' = 10\log_{10}(3,125) + 10\log_{10}\left(\frac{S}{V}\right) \approx 4,95 + 10\log_{10}\left(\frac{S}{V}\right) \quad (4.6)$$

Vanhoissa ohjeissa esitetyt ja nykyiset askeläänitasot saadaan toisiaan vastaaviksi lisäämällä ohjeissa esitettyjen kaavojen mukaisiin mittaustuloksiin askeläänentason muuntotermi $\Delta L'_n$ [dB] (kaava 4.8), joka saadaan, kun nykyisestä askeläänentason määritelmästä $L'_{n,\text{uusi}}$ [dB] vähennetään ohjeissa esitetty määritelmä $L'_{n,\text{vanha}}$ [dB] (kaava Liite 2.2) [14]. Ennen vuotta 1967 mitatut taajuuskaistaiset askeläänentasonpainetasot voidaan muuntaa vuonna 1998 esitettyjä askeläänentasonpainetasoja vastaaviksi kaavan (4.7) mukaisesti:

$$L'_{n,\text{uusi}} = L'_{n,\text{vanha}} + \Delta L'_n \quad (4.7)$$

jossa

$$\Delta L'_n = 10\log_{10}(0,032) + 10\log_{10}(V) \approx -14,95 + 10\log_{10}(V) \quad (4.8)$$

Taajuuskaistaisten mittaustulosten muuntamisen lisäksi vanhojen tulosten laskentaan tulee käyttää vuonna 1998 julkaistun rakentamismääräyskokoelman osan C1 [36] mukaista vertailukäyrämenettelyä. Näin saadaan muunnettua vanhat mittaluvut vuonna 1998 julkaistuja mittalukuja vastaaviksi, jolloin ne ovat vertailukelpoisia keskenään.

4.3.2

Tarvittavat tiedot

Taulukossa 4.1 on esitetty ilmääneneristysmittaustulosten määrittämiseen tarvittavat tiedot ja laskenta vuodesta 1955 eteenpäin. Vuosina 1955–1967 mitattujen ilmääneneristävyyksien määrittäminen edellyttää, että tiedetään kolmannesoktaavikaistaiset ilmääneneristävyydet taajuusalueella 100–3150 Hz, erottavan rakenteen pinta-ala ja vastaanottohuoneen tilavuus. Laskenta tehdään lisäämällä taajuuskaistaisiin mittaustuloksiin muuntotermi $\Delta R'$ ja suorittamalla vuoden 1998 mukainen vertailukäyrämenettely. Vuosina 1967–1999 mitattujen tulosten määrittäminen edellyttää sitä vastoin vain ilmääneneristysluvun R'_w laskemista kolmannesoktaavikaistaisista mittaustuloksista vuoden 1998 mukaisella vertailukäyrämenettelyllä.

Taulukko 4.1. Ilmaääneneristystulosten määrittämiseen tarvittavat tiedot.

Aikakausi	Mittaustulosten muuntamiseen tarvittavat tiedot	Laskenta
1955–1967	Mittaustulokset 1/3-oktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz Erottavan rakenteen pinta-ala S [m ²] Vastaanottohuoneen tilavuus V [m ³]	Taajuuskaistaiset mittaustulokset muunnetaan kaavalla (4.5) Käytetään nykyistä vertailukäyrämenettelyä (luku 4.2.1)
1967–1999	Mittaustulokset 1/3-oktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz	Käytetään nykyistä vertailukäyrämenettelyä (luku 4.2.1)
2000–	Tuloksia ei tarvitse muuntaa	

Taulukossa 4.2 on esitetty askelääneneristysmittaustulosten määrittämiseen tarvittavat tiedot ja laskenta vuodesta 1955 eteenpäin. Vuosina 1955–1967 mitattujen ilmaääneneristävyysien määrittäminen edellyttää, että tiedetään kolmannesoktaavikaistaiset askeläänenpainetasot taajuusalueella 100–3150 Hz ja vastaanottohuoneen tilavuus. Määrittäminen tehdään lisäämällä taajuuskaistaisiin mittaustuloksiin muuntotermi $\Delta L'_n$ ja suorittamalla vuoden 1998 mukainen vertailukäyrämenettely. Vuosina 1967–1999 mitattujen tulosten määrittäminen edellyttää sitä vastoin vain askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ laskemista kolmannesoktaavikaistaisista mittaustuloksista vuoden 1998 mukaisella vertailukäyrämenettelyllä.

Taulukko 4.2. Askelääneneristystulosten määrittämiseen tarvittavat tiedot.

Aikakausi	Mittaustulosten muuntamiseen tarvittavat tiedot	Laskenta
1955–1967	Mittaustulokset 1/3-oktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz Vastaanottohuoneen tilavuus V [m ³]	Taajuuskaistaiset mittaustulokset muunnetaan kaavalla (4.7) Käytetään nykyistä vertailukäyrämenettelyä (luku 4.2.2)
1967–1999	Mittaustulokset 1/3-oktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz	Käytetään nykyistä vertailukäyrämenettelyä (luku 4.2.2)
2000–	Tuloksia ei tarvitse muuntaa	

4.3.3

Laskentaesimerkkejä

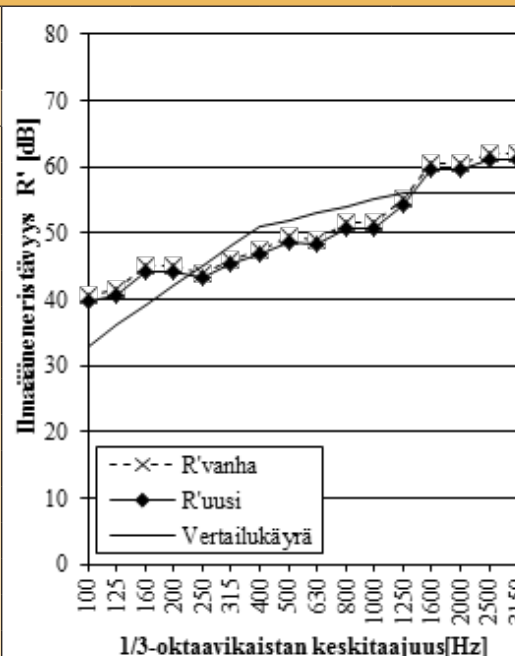
Esimerkki 1: ilmaääneneristävyiden mittaustulos vuodelta 1959

Taulukossa 4.3 on esitetty, kuinka vuonna 1959 vaakasuuntaan mitatut ilmaääneneristävydet muunnetaan vertailukelpoisiksi vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 esitettyjen mittalukujen kanssa. Tutkitun rakenteen pinta-ala oli 11,7 m² ja vastaanottohuoneen tilavuus 43,7 m³. Näistä kaavan 4.6 mukaisesti laskemalla muuntotermin $\Delta R'$ suuruudeksi saadaan noin -0,8 dB. Tämä muuntotermi lisätään jokaiseen vuonna 1959 mitattuun taajuuskaistaiseen ilmaääneneristävyyteen R'_{vanha} kaavan 4.5 mukaisesti. Näin saadaan lasketuksi vuoden 1998 laskentamenetelmiä vastaava ilmaääneneristävyys R'_{uusi} . Taajuuskaistaisista ilmaääneneristävyyksistä R'_{uusi} lasketaan luvussa 4.2.1 esitetyn vertailukäyrämenettelyn mukaisesti

ilmääneneristysluku R'_w . Taulukon kuvassa on esitetty vuonna 1959 mitatut taajuuskaistaiset ilmasteneristävyydet R'_{vanha} ja muunnetut ilmasteneristävyydet R'_{uusi} sekä vertailukäyrän paikka, kun ilmasteneristysluvuksi saatiin 52 dB.

Taulukko 4.3. Esimerkki vuonna 1959 vaakasuntaan mitattujen huoneistojen välisten ilmasteneristävyyksien muuttamisesta.

S =	11,7	m ²	Rakenne:	Huoneistojen välinen seinä, betoni 160 mm		
V =	43,7	m ³	Mittausvuosi:	1959		
ΔR' =	-0,8	dB				

Taajuus	R' _{vanha}	R' _{uusi}	Vertailu- käyrä	Epäsuotuisat poikeamat	
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	
100	40,5	39,7	33		
125	41,5	40,7	36		
160	45,0	44,2	39		
200	45,0	44,2	42		
250	44,0	43,2	45	1,8	
315	46,0	45,2	48	2,8	
400	47,5	46,7	51	4,3	
500	49,5	48,7	52	3,3	
630	49,0	48,2	53	4,8	
800	51,5	50,7	54	3,3	
1000	51,5	50,7	55	4,3	
1250	55,0	54,2	56	1,8	
1600	60,5	59,7	56		
2000	60,5	59,7	56		
2500	62,0	61,2	56		
3150	62,0	61,2	56		

R' _w [dB]			Summa [dB]
52			26,2

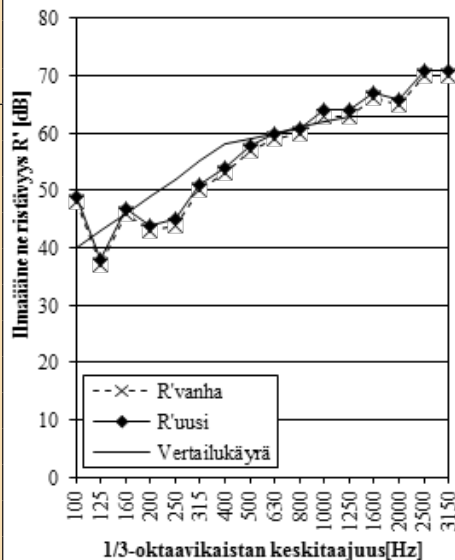
Esimerkki 2: ilmasteneristävyyden mittaustulos vuodelta 1956

Taulukossa 4.4 on esitetty, kuinka vuonna 1956 pystysuntaan mitatut ilmasteneristävyydet muunnetaan vertailukelpoisiksi vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 esitettyjen mittalukujen kanssa. Tutkitun rakenteen pinta-ala oli 10,3 m² ja vastaanottohuoneen

tilavuus 26,0 m³. Näistä kaavan 4.6 mukaisesti laskemalla muuntotermin $\Delta R'$ suuruudeksi saadaan noin 0,9 dB. Tämä muuntotermi lisätään jokaiseen vuonna 1956 mitattuun taajuuskaistaiseen ilmäääneneristävyyteen R'_{vanha} kaavan 4.5 mukaisesti. Näin saadaan lasketuksi vuoden 1998 laskentamenetelmiä vastaava ilmäääneneristävyys R'_{uusi} . Taajuuskaistaisista ilmäääneneristävyyksistä R'_{uusi} lasketaan luvussa 4.2.1 esitetyn vertailukäyrämenettelyn mukaisesti ilmäääneneristysluku R'_w . Taulukon kuvassa on esitetty vuonna 1956 mitatut taajuuskaistaiset ilmäääneneristävyydet R'_{vanha} ja muunnetut ilmäääneneristävyydet R'_{uusi} sekä vertailukäyrän paikka, kun ilmäääneneristyslukuksi saadaan 59 dB.

Taulukko 4.4. Esimerkki vuonna 1956 pystysuuntaan mitattujen huoneistojen välisten ilmäääneneristävyyksien muuntamisesta.

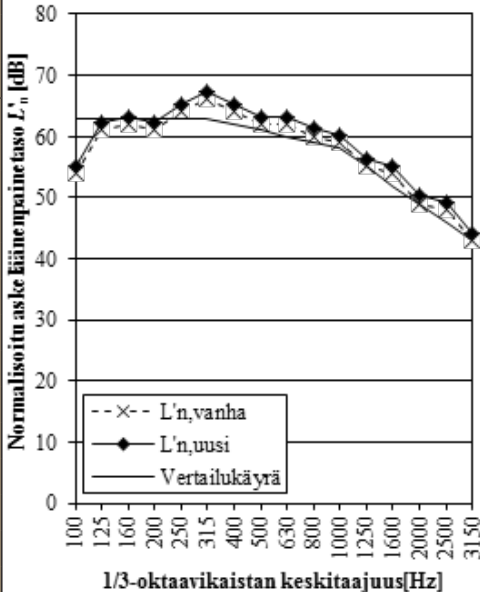
S = 10,3 m ²			Rakenne: Huoneistojen välinen välipohja, betoni 180 mm + hiekka 10 mm + tojox-levy 35 mm + betoni 75 mm	
V = 26,0 m ³				
$\Delta R' = 0,9$ dB			Mittausvuosi: 1956	
Taajuus	R'_{vanha}	R'_{uusi}	Vertailukäyrä	Epäsuotuisat poikkeamat
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
100	48,0	48,9	40	
125	37,0	37,9	43	5,1
160	46,0	46,9	46	
200	43,0	43,9	49	5,1
250	44,0	44,9	52	7,1
315	50,0	50,9	55	4,1
400	53,0	53,9	58	4,1
500	57,0	57,9	59	1,1
630	59,0	59,9	60	0,1
800	60,0	60,9	61	0,1
1000	63,0	63,9	62	
1250	63,0	63,9	63	
1600	66,0	66,9	63	
2000	65,0	65,9	63	
2500	70,0	70,9	63	
3150	70,0	70,9	63	
			R'_w [dB]	Summa [dB]
			59	26,6



Esimerkki 3: askelääneneristävyyden mittaustulos vuodelta 1963

Taulukossa 4.5 on esitetty, kuinka vuonna 1963 pystysuuntaan mitatut askelääneneristävyydet muunnetaan vertailukelpoisiksi vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 esitettyjen mittalukujen kanssa. Vastaanottohuoneen tilavuus oli 42,0 m³. Tämän perusteella kaavan 4.8 mukaisesti laskemalla askeläänentason muuntotermin $\Delta L'_n$ suuruudeksi saadaan noin 1,3 dB. Tämä muuntotermi lisätään jokaiseen vuonna 1963 mitattuun taajuuskaistaiseen askeläänepainetasoon $L'_{n, \text{vanha}}$ kaavan 4.7 mukaisesti. Näin saadaan lasketuksi vuoden 1998 laskentamenetelmiä vastaava askeläänepainetaso $L'_{n, \text{uusi}}$. Taajuuskaistaisista askeläänepainetasoista $L'_{n, \text{uusi}}$ lasketaan luvussa 4.2.2 esitetyn vertailukäyrämenettelyn mukaisesti askeläänitasoluku $L'_{n, w}$. Taulukon kuvassa on esitetty vuonna 1963 mitatut taajuuskaistaiset askeläänepainetasot $L'_{n, \text{vanha}}$ ja muunnetut askeläänepainetaso $L'_{n, \text{uusi}}$ sekä vertailukäyrän paikka, kun askeläänitasoluvuksi saatiin 61 dB.

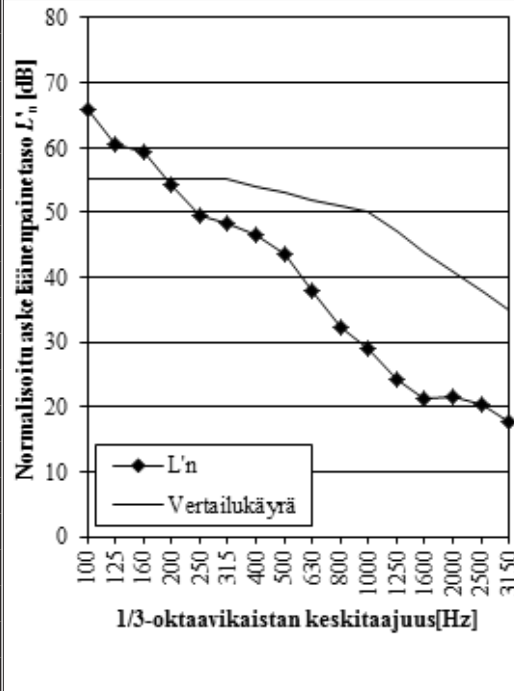
Taulukko 4.5. Esimerkki vuonna 1963 ylhäältä alas mitattujen huoneistojen välisten askeläänitasojen muuntamisesta.

V =		42,0	m³	Rakenne:		Huoneistojen välinen välipohja, betoni 170 mm + askelääneneristysmatto 20 mm + betoni 40 mm + linoleumi			
ΔL'ₙ =		1,3	dB	Mittaus- vuosi:		1963			
Taajuus	L'ₙ, vanha	L'ₙ, uusi	Vertailu- käyrä	Epäsuotuisat poikkeamat					
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]					
100	54,0	55,3	63	0,3					
125	61,0	62,3	63						
160	62,0	63,3	63						
200	61,0	62,3	63						
250	64,0	65,3	63						
315	66,0	67,3	63	2,3					
400	64,0	65,3	62	4,3					
500	62,0	63,3	61	3,3					
630	62,0	63,3	60	2,3					
800	60,0	61,3	59	3,3					
1000	59,0	60,3	58	2,3					
1250	55,0	56,3	55	1,3					
1600	54,0	55,3	52	3,3					
2000	49,0	50,3	49	1,3					
2500	48,0	49,3	46	3,3					
3150	43,0	44,3	43	1,3					
L'ₙ, w [dB]				Summa [dB]					
61				30,7					

Esimerkki 4: askelääneneristävyyden mittaustulos vuodelta 1998

Taulukossa 4.6 on esitetty, kuinka vuonna 1998 pystysuuntaan mitatut askelääneneristävyydet muunnetaan vertailukelpoisiksi vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 esitettyjen mittalukujen kanssa. Vastaanottohuoneen tilavuus oli $60,0 \text{ m}^3$. Koska mittaus on tehty vuoden 1967 jälkeen, ei taajuuskaistaisia askeläänenpainetasoja tarvitse muuntaa. Sen sijaan taajuuskaistaisista askeläänenpainetasoista L'_n voidaan suoraan luvussa 4.2.2 esitetyllä vertailukäyrämenettelyllä määrittää askeläänitasoluku $L'_{n,w}$. Taulukon kuvassa on esitetty vuonna 1998 mitatut taajuuskaistaiset askeläänenpainetasot L'_n ja vertailukäyrän paikka, kun askeläänitasoluvuksi saatiin 51 dB. Rakentamismääräyskokoelman vuonna 1985 julkaistun osa C5 [40] ohjeiden mukaan mittaustulosten perusteella askeläänitasoluvuksi olisi saatu 53 dB. Tämä johtuu siitä, että ohjeiden mukaan yksittäinen epäsuotuisa poikkeama ei saanut ylittää 8 dB. Jos tämä ehto ei täyttynyt, tuli askeläänitasoluvun paikka määrittää siten, että epäsuotuisien poikkeamien summa oli 24 dB ja suurin yksittäinen poikkeama 12 dB. Esimerkin tuloksissa askeläänenpainetaso 100 Hz:n keskitaajuudella poikkeaa vertailukäyrän yläpuolelle yli 8 dB. Näin ollen vertailukäyrän paikka tulee määrittää käyttämällä pienempää epäsuotuisien poikkeamien summaa, jolloin vertailukäyrää tulee nostaa.

Taulukko 4.6. Esimerkki askeläänitasoluvun laskemisesta vuonna 1998 ylhäältä alas mitatuista huoneistojen välisistä askeläänitasoista.

V =	60,0	m ³	Rakenne:	Huoneistojen välinen välipohja, ontelolaatta 265 mm + mineraalivilla 13 mm + 2 x kipsilevy 15 mm + parketinalusmateriaali + lautaparketti 14 mm	
$\Delta L'_n =$	-	dB	Mittausvuosi:	1998	
Taajuus	L'_n	Vertailu- käyrä	Epäsuotuisat poikkeamat		
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]		
100	65,8	53	12,8		
125	60,6	53	7,6		
160	59,4	53	6,4		
200	54,3	53	1,3		
250	49,6	53			
315	48,4	53			
400	46,6	52			
500	43,5	51			
630	37,8	50			
800	32,2	49			
1000	29,0	48			
1250	24,3	45			
1600	21,2	42			
2000	21,7	39			
2500	20,2	36			
3150	17,7	33			
		$L'_{n,w}$ [dB]	Summa [dB]		
		51	28,1		

5 Asuinkerrostalojen akustisen laadun kehittyminen vuosina 1955–2008

5.1

Ääneneristävyyden vaatimustason kehittyminen

Eri aikojen rakentamismääräyksissä ja suosituksissa annetut ääneneristävyyden vaatimustasot muunnettuina vuoden 1998 rakentamismääräysten määrittelemiä mittalukuja vastaaviksi on esitetty taulukossa 5.1. Vuosina 1955 ja 1960 annetut vaatimukset on muunnettu tapauksille, joissa vastaanottohuoneen tilavuus on 30 m³ ja tutkittavien rakenteiden pinta-alat ovat 10 m².

Taulukko 5.1. Vuoden 1998 menetelmiä vastaaviksi muunnetut vaatimustasot eri määräyksille ja suosituksille. [14, 15]

Vuosi	Ilmaääneneristysluku R'_w vaakasuunnassa	Ilmaääneneristysluku R'_w pystysuunnassa	Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$
1955 [41]	51 dB	51 dB	62 dB
1960 [4]	52 dB	52 dB	56 dB
1967 [27]	52 dB	53 dB	58 dB
1971 [28]	52 dB	53 dB	58 dB
1975 [34]	52 dB	53 dB	58 dB
1984 [35]	52 dB	53 dB	58 dB
1998 [36]	55 dB	55 dB	53 dB

Suosituksissa ja määräyksissä annetut ääneneristysvaatimukset asuinhuoneistojen välille ovat tiukentuneet vuodesta 1955, jolloin ääneneristävyydelle annettiin Suomessa ensimmäiset ohjeavrot teknisinä lukuarvoina (taulukko 5.1). Tuolloin julkaistussa Kerrostalojen ääneneristystutkimuksessa [41] annettu vaatimustaso oli sekä ilma- että askelääneneristävyyden tapauksessa pienimmillään muiden aikakausien tasoon nähden. Tällöin ilmaääneneristysluvun vaatimustaso oli 51 dB ja askeläänitasoluvun 62 dB. [14]

Vuonna 1960, kun Ehdotus ääneneristysmääräyksi [4] julkaistiin, ilmaääneneristysluvun vaatimus nousi 52 dB:iin ja askeläänitasoluvun tapauksessa 56 dB:iin. Vuosina 1967–1999 voimassa ollut askelääneneristyksen vaatimustaso oli vuoden 1960 vaatimustasoa 2 dB lie-

vempi. Toisaalta vaatimus ilmajääneristävyydelle päällekkäisten huoneistojen välille kiristyi. Ilmajääneristysvaatimus asuinhuoneistojen välille vaakasuuntaan pysyi samana. Ääneneristysnormeissa [27] vuonna 1967 ilma- ja askelääneristykselle esitetyt vaatimustasot pysyivät suuruudeltaan samoina vuoteen 1999 saakka. Tällä aikakaudella vaadittu ilmajääneristävyys oli vaakasuuntaan 52 dB ja pystysuuntaan 53 dB. Välipohjan askeläänitasoluviiksi vaadittiin 58 dB. [14]

Vaatimustaso sekä ilma- että askelääneristävyydelle nousi ensi kerran yli 30 vuoteen, kun nykyiset Suomen rakentamismääräyskokoelman [36] määräykset tulivat voimaan vuonna 2000. Nykyisin ilmajääneristysluviiksi asuinhuoneistojen välille vaaditaan 55 dB ja askeläänitasoluviiksi 53 dB.

5.2

Asuinhuoneistojen ääneneristävyyden kehittyminen

Vuosina 1955–2008 tehtyjen suomalaisten ääneneristystutkimusten [1, 2, 11, 13, 17, 21, 33, 39] tulokset muunnettuina vastaamaan vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osan C1 mukaisia mittalukuja on esitetty liitteessä 3. Taulukossa 5.2 on esitetty asuinhuoneistojen välisen vaakasuuntaisen ilmajääneristävyyden kehittyminen vuosina 1955–2008. Taulukossa esitetyt tulokset perustuvat liitteessä 3 esitettyihin vuoden 1998 rakentamismääräyksiä vastaaviksi muunnettuihin tuloksiin (taulukko L3.1). Taulukossa on esitetty kullekin aikakaudelle saatujen tulosten määrä, ilmajääneristyslukujen R'_w keskiarvot ja -hajonnat, aikakaudelle muunnettu vaatimus ja vaatimukset täyttävien ilmajääneristyslukujen osuus.

Taulukko 5.2. Asuinhuoneistojen välisten vaakasuuntaisten ilmajääneristyslukujen lukumäärät, keskiarvot ja -hajonnat, vaatimukset ja vaatimukset täyttävien ilmajääneristyslukujen osuudet aikakausittain. [14, 15]

Vuodet	Tulosten määrä	Ilmajääneristysluvun R'_w keskiarvo	Ilmajääneristysluvun R'_w keskihajonta	Vaatimus (R'_w)	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	21 kpl	53,8 dB	4,4 dB	51 dB	81,0 %
1960–1967	19 kpl	51,8 dB	4,1 dB	52 dB	47,4 %
1967–1976	6 kpl	52,3 dB	3,3 dB	52 dB	50,0 %
1976–1999	22 kpl	55,1 dB	2,5 dB	52 dB	91,0 %
2000–2008	14 kpl	57,4 dB	1,3 dB	55 dB	100,0 %

Asuinhuoneistojen välinen ilmajääneristävyys vaakasuunnassa on noussut vuoden 1955 tasosta, mutta kehitys ei ole ollut tasaista (taulukko 5.2). Vuosina 1960–1976 tutkimuksissa määritetyt ilmajääneristysluvut olivat noin 2 dB huonompia kuin vuosina 1955–1959, jolloin ne olivat keskimäärin hieman alle 54 dB. Tällöin vain puolet mitatuista rakenteista täytti vaatimukset, kun aikaisemmin vastaava osuus oli noin 80 %. Tämä selittyy osittain sillä, että tutkimuksissa mitatut huoneistojen väliset betoniseinät olivat aikaisemmin paksumpia. Vuosina 1976–1999 rakenteiden ilmajääneristävyys nousi aikaisemmasta tasosta noin 55 dB:iin

ja suurin osa rakenteista täytti vaatimukset. 2000-luvulla kaikki ääneneristystutkimuksissa esitetyt mittaustulokset ovat täyttäneet vaatimukset ilmäääneneristyslulun keskiarvon ollessa yli 57 dB. [14]

Saatujen tulosten hajonta on pienentynyt ajan saatossa, mikä puolestaan viittaa rakennus- ja suunnitteluvirheiden vähenemiseen. Hajonta on ollut pientä etenkin vuosina 1976–2008 – aikakaudella, jolloin Suomen rakentamismääräyskokoelma on säätänyt asuntojen ääniolosuhteita. [14]

Taulukossa 5.3 on esitetty päällekkäisten asuinhuoneistojen välisen ilmäääneneristävyyden kehittyminen vuosina 1955–2008. Vuosille 1960–1967 ei saatu tuloksia. Taulukossa esitetyt tulokset perustuvat liitteessä 3 esitettyihin vuoden 1998 rakentamismääräyksiä vastaaviksi muunnettuihin tuloksiin (taulukko L3.2). Taulukossa on esitetty kullekin aikakaudelle saatujen tulosten määrä, ilmäääneneristyslukujen R'_w keskiarvot ja -hajonnat, aikakaudelle muunnettu vaatimus ja vaatimukset täyttävien ilmäääneneristyslukujen osuus.

Taulukko 5.3. Asuinhuoneistojen välisten pystysuuntaisten ilmäääneneristyslukujen lukumäärät, keskiarvot ja -hajonnat, vaatimukset ja vaatimukset täyttävien ilmäääneneristyslukujen osuudet aikakausittain. [14, 15]

Vuodet	Tulosten määrä	Ilmäääneneristyslulun R'_w keskiarvo	Ilmäääneneristyslulun R'_w keskihajonta	Vaatimus (R'_w)	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	15 kpl	54,7 dB	3,1 dB	51 dB	93,3 %
1960–1967	-	-	-	52 dB	-
1967–1976	22 kpl	52,1 dB	4,0 dB	53 dB	63,6 %
1976–1999	46 kpl	53,9 dB	3,4 dB	53 dB	69,6 %
2000–2008	38 kpl	57,3 dB	1,9 dB	55 dB	94,7 %

Asuinhuoneistojen välinen ilmäääneneristävyys pystysuunnassa on ollut vuosina 1967–1999 heikompi kuin vuosina 1955–1959 ja 2000–2008 (taulukko 5.3). Vuosina 1955–1959 tutkimuksissa mitatut ilmäääneneristysluvut olivat keskimäärin hieman alle 55 dB ja vaatimukset täyttävien rakenteiden osuus kaikista tutkituista rakenteista oli yli 90 %. Sen sijaan vuosina 1967–1976 ääneneristystutkimuksissa mitatuista välipohjarakenteista alle kaksi kolmasosaa täytti vaatimukset ja niille saadut ilmäääneneristysluvut olivat lähes 3 dB pienempiä kuin aikaisemmin. Vuosina 1976–1999, jolloin ontelolaattojen käyttö välipohjarakenteissa yleistyi, vaatimusten täyttävien osuus oli samaa luokkaa kuin vuosina 1967–1976, vaikka tulosten keskiarvo oli noin 2 dB näiden vuosien keskimääräistä tasoa suurempi. 2000-luvulla tehdyissä tutkimuksissa lähes kaikki rakenteet täyttivät vaatimukset tulosten keskiarvon ollessa 57 dB. Tällöin mitattujen välipohjien paksuus on ollut huomattavasti suurempi kuin aikaisempina vuosina. [14]

Ilmäääneneristyslukujen hajonta pystysuunnassa oli vuosina 1967–1999 suurempaa kuin vuosina 1955–1959. Tosin vuosina 1976–1999 hajonta oli lähes yhtä pientä kuin vuosina 1955–1959, jolloin hajonta oli hieman yli 3 dB. 2000-luvulle tultaessa tulosten hajonta oli jo alle 2 dB. [14]

Taulukossa 5.4 on esitetty asuinhuoneistojen välisen pystysuuntaisen askelääneneristävyyden kehittyminen vuosina 1955–2008. Taulukossa esitetyt tulokset perustuvat liitteessä 3 esitettyihin vuoden 1998 rakentamismääräyksiä vastaaviksi muunnettuihin tuloksiin (taulukko L3.3). Taulukossa on esitetty kullekin aikakaudelle saatujen tulosten määrä, askeläänitasolukujen $L'_{n,w}$ keskiarvot ja -hajonnat, aikakaudelle muunnettu vaatimus ja vaatimukset täyttävien askeläänitasolukujen osuus.

Taulukko 5.4. Asuinhuoneistojen välisten pystysuuntaisten askeläänitasolukujen lukumäärät, keskiarvot ja -hajonnat, vaatimukset ja vaatimukset täyttävien askeläänitasolukujen osuudet aikakausittain. [14, 15]

Vuodet	Tulosten määrä	Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ keskiarvo	Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ keskihajonta	Vaatimus ($L'_{n,w}$)	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	21 kpl	57,1 dB	4,7 dB	62 dB	85,7 %
1960–1967	66 kpl	55,0 dB	4,3 dB	56 dB	65,2 %
1967–1976	33 kpl	57,5 dB	6,1 dB	58 dB	45,5 %
1976–1999	20 kpl	55,4 dB	3,7 dB	58 dB	85,0 %
2000–2008	127 kpl	48,8 dB	3,9 dB	53 dB	92,9 %

Asuinhuoneistojen välinen askelääneneristävyys on kasvanut 2000-luvulla huomattavasti aikaisempien vuosien tasosta (taulukko 5.4). Vuosina 1955–1959 ja 1967–1976 tutkimuksissa mitatut askeläänitasoluvut olivat noin 57 dB, mutta vastaavasti vaatimusten täyttävien rakenteiden osuudet kaikista tutkituista rakenteista olivat noin 85 % ja 45 %. Vaatimusten täyttymisen erot johtuvat siitä, että vuosina 1967–1976 vaatimus askelääneneristävyydelle oli noin 4 dB aiempaa tiukempi. Myös vuosina 1960–1967 ja 1976–1999 tutkimuksissa mitattujen askeläänitasoluvut ovat olleet suunnilleen samansuuruiset. Askeläänitasoluvut olivat näinä aikakausina noin 55 dB. Toisaalta vuosina 1960–1967 tutkituista rakenteista noin 65 % täytti vaatimukset, kun taas vuosina 1976–1999 osuus oli vastaavasti noin 85 %, johtuen vuosien 1976–1999 noin 2 dB löyhemmästä vaatimustasosta. Vuosina 2000–2008 tutkimuksissa mitatut askeläänitasoluvut ovat keskimäärin olleet alle 49 dB. Tällöin tutkituista rakenteista noin 93 % on täyttänyt vaatimukset. [14]

Vuosina 1955–1967, jolloin Suomessa ei vielä ollut yleisesti hyväksyttyjä ohjeita tai määräyksiä ääneneristyksestä teknisinä mittalukuina, askeläänitasolukujen hajonta oli noin 4,5 dB (taulukko 4.7). Vuosina 1967–1976 Ääneneristysnormien suositusten alaisina tehdyissä rakennuksissa askeläänitasolukujen hajonta oli yli 6 dB. Vuosina 1976–2008 hajonta on ollut alle 4 dB. Tosin, toisin kuin aikaisemmin, vuosina 2000–2008 tulosten hajonta ei johtunut rakenteissa olleista virheistä vaan ennemminkin tutkimuksissa mitattujen rakennetyyppien vaihtelusta. [14]

Vuonna 1965 julkaistussa tutkimuksessa Uusien ja erikoisesti elementtirakenteisten asuinrakennusten ääneneristys [22] esitettiin tulokset yhteensä 180 rakenteen ilmaääneneristävyydelle ja 95 rakenteen askelääneneristävyydelle. Koska tutkimuksessa ei ilmoitettu tulosten muuntamiseen tarpeellisia tietoja, sen tulokset käsitellään tässä tutkimuksessa vain vaatimusten täyttymisen osalta. Ilmaääneneristävyysvaatimukset täyttivät noin 77 % ja askelääneneristä-

vyysvaatimukset noin 46 % rakenteista. Ilmaääneneristävyys oli tulosten perusteella hieman parempi elementtitaloissa kuin muissa taloissa. Askelääneneristävyyden perusteella voitiin todeta kelluvien lattioiden täyttävän parhaiten vaatimukset. [14]

5.3

Asukkaiden kokemat ääniolosuhteet

Asukkaiden tyytyväisyyttä huoneistonsa ääneneristykseen on tutkittu ääneneristystutkimuksien yhteydessä tehdyin haastattelututkimuksin viidessä eri tutkimuksessa vuosina 1955–2005 [18, 21, 22, 33, 41]. Tutkimustulosten mukaan asukkaiden tyytyväisyys asuntonsa ääneneristykseen on kasvanut (taulukko 5.5). Vuonna 1955 julkaistussa tutkimuksessa ei ilmoitettu tyytyväisten asukkaiden osuuksia, mutta yleisesti väliseinien ääneneristykseen oltiin tyytyväisiä. Sen sijaan vuonna 1959 julkaistussa tutkimuksessa esitettiin myös tyytyväisten ja tyytymättömien prosenttiosuudet. Tällöin tutkimuksen mukaan 74 % asukkaista oli tyytyväisiä asuntonsa ääneneristykseen. Vuonna 1965 julkaistun tutkimuksen perusteella tyytyväisten asukkaiden osuus oli runsaasti aikaisempaa pienempi – vain 60 %. Vuonna 1977 ääneneristykseen tyytyväisten osuus nousi 67 %:iin. Vuonna 2005 tehdyn haastattelututkimuksen mukaan tyytyväisten osuus oli jo 93 %. [14]

Taulukko 5.5. Ääneneristykseen tyytyväisten ja tyytymättömien osuudet sekä haastattelututkimukseen vastanneiden asukkaiden määrä eri vuosina. [14, 15]

Vuosi	Vastaajien määrä	Tyytyväisten osuus	Tyytymättömien osuus
1959 [21]	59 kpl	74 %	26 %
1965 [22]	262 kpl	60 %	40 %
1977 [18]	1182 kpl	67 %	33 %
2005 [33]	118 kpl	93 %	7 %

5.4

Ääntä eristävien rakenteiden kehittyminen

Ääneneristyksen vaatimustason muutokset ovat vaikuttaneet myös asuinhuoneistojen välisiin rakenteisiin. Asuinhuoneistoja erottavien välipohjien ja -seinien paksuudet heijastavat vaatimusten kehittymistä. Tutkimuksessa [14] käytetyn kirjallisuuden perusteella rakennukset, joissa ääneneristystutkimuksia suoritettiin vuosina 1955–2008, olivat pääsääntöisesti betoni-rakenteisia. 1950- ja 1960-luvulla välipohjarakenteet koostuivat yleensä kantavasta massiivibetonilaatasta ja sen päällä olleesta kelluvasta laatasta. Tällaisia rakenteita ei käsitellä tässä. [14]

Vuosina 1955–2008 sekä massiivibetoni- että ontelolaattoja on käytetty asuinhuoneistojen välisissä välipohjarakenteissa. Huoneistoja erottavat väliseinät ovat sen sijaan olleet pääsääntöisesti massiivibetoniseiniä. Rakenteiden keskimääräiset paksuudet ja pintamassat on esitetty taulukossa 5.6. Taulukossa teräsbetonin tiheyden on oletettu olevan 2500 kg/m³. Välipohjien tulokset on otettu välipohjille tehdyistä askelääneneristystutkimuksista.

Taulukko 5.6. Asuinhuoneistoja erottavien ääntä eristävien rakenteiden paksuuksien ja pintamassojen kehittyminen. [14, 15]

Vuodet	Huoneistojen väliset seinät		Huoneistojen väliset massiivibetonivälipohjat		Huoneistojen väliset ontelolaattavälipohjat	
	[mm]	[kg/m ²]	[mm]	[kg/m ²]	[mm]	[kg/m ²]
1955–1959	167	420	-	-	-	-
1960–1967	160	400	150	380	-	-
1967–1976	180	450	181	450	-	-
1976–1999	176	440	213	530	265	380
2000–2008	187	470	300	750	370	510

Asuinhuoneistojen välisten betoniseinien keskimääräinen paksuus oli vuosina 1955–1959 noin 7 mm suurempi kuin vuosina 1960–1967 (taulukko 5.6). Vuonna 1967–1976 betoniseinien paksuus nousi aiemmasta tasosta 180 mm:iin, kun taas vuosina 1976–1999 tehdyissä tutkimuksissa seinien paksuus oli tätä noin 4 mm pienempi. Vuosina 2000–2008, Suomen rakentamismääräyskokoelman nykyisten määräysten alaisina tehdyissä tutkimuksissa, betonirakenteisten väliseinien paksuus oli noin 187 mm. [14]

Välipohjien ääneneristystutkimuksissa esiintyi massiivilaattavälipohjia vuosina 1960–2008 ja ontelolaattavälipohjia vuosina 1976–2008. Kelluva välipohja oli yleinen rakenne etenkin vuosina 1955–1967 tehdyissä tutkimuksissa. Ääneneristysnormien tullessa voimaan vuonna 1967 massiivilaattojen käyttö huoneistojen välisenä välipohjana yleistyi. Vuosina 1967–1976 tehtyjen ääneneristystutkimusten perusteella massiivilaatasta tuli yleisimmin käytetty välipohjarakenne. Tutkimuksissa mitattujen massiivilaattojen paksuus kaksinkertaistui vuosina 1960–2008 150 mm:stä 300 mm:iin. [14]

Ontelolaatan käyttöönotto syrjäytti muut välipohjarakenteet vuosina 1976–2008 tehdyissä ääneneristystutkimuksissa sen ollessa tällöin yleisin käytetty välipohjarakennetyyppi. Tutkimuksissa esiintyneiden ontelolaattojen paksuus suureni vuosina 2000–2008 vuosien 1976–1999 tason 265 mm:stä 370 mm:iin määräysten tiukentuessa vuonna 2000. [14]

5.5

Asuinkerrostalojen ääneneristävyys Suomessa verrattuna muihin maihin

Asuinkerrostalokannan ääneneristävyuden kehittyminen on viime vuosina tullut Euroopassa akustiikan tutkijoiden mielenkiinnon kohteeksi. Tämä johtuu siitä, että vuodesta 2010 on ollut käynnissä Euroopan unionin rahoittama hanke rakennusten ääneneristävyyttä kuvaavien mittalukujen yhtenäistämiseksi unionin alueella. Tarkoituksena on unionin tavoitteiden mukaisesti kilpailun esteiden vähentäminen. [24] Lisäksi päämääränä on tuottaa tietoa myös siitä, millainen ääneneristävyys asuinkerrostalohuoneistojen välillä on tarkoituksenmukainen ja riittävä sekä mahdollisesti edelleen harmonisoida eri maiden soveltamat erilaiset vaatimustasot yhtenäisiksi. [25] Eri maissa käytettävät mittaluvut eivät kaikissa tilanteissa ole vertailukel-

poisia, mutta maat voidaan karkealla tasolla jakaa ryhmiin ilma- ja askelääneneristävyydelle asetettavien vaatimusten mukaan. Pällekkäisten huoneistojen väliselle ilmaääneneristysluvun R'_w asetettavien vähimmäisvaatimusten perusteella maat jakautuivat vuonna 2011 seuraaviin ryhmiin:

≥ 56 dB	Skotlanti
≥ 55 dB	Islanti, Itävalta, Liettua, Norja, Suomi, Tanska, Viro
≥ 54 dB	Belgia, Latvia, Saksa
≥ 53 dB	Alankomaat, Bulgaria, Ranska, Ruotsi, Tšekin tasavalta,
≥ 52 dB	Kroatia, Serbia, Slovakia, Slovenia, Sveitsi
≥ 51 dB	Puola, Romania, Unkari
≥ 50 dB	Espanja, Italia, Portugali
≥ 45 dB	Englanti ja Wales

Ruotsissa ilmaääneneristävyyksmittauksissa käytettävä taajuusalue alkaa 50 Hz keskitaajuudesta alkaen perinteisen 100 Hz sijasta. Tämä tarkoittaa sitä, että vaatimustaso joitakin rakennetyyppejä koskien on hieman korkeampi verrattuna pelkästään perinteisenä ilmaääneneristyslukuna R'_w ilmaistuun vaatimukseen.

Ilmaääneneristävyydelle asetettujen vaatimusten perusteella Suomi kuuluu maihin, joissa asuinhuoneistoille asetetut vaatimukset ovat korkeimmat. Vain Skotlannissa asetetaan tätä korkeammat vaatimukset. Suunnilleen samantasoisia vaatimuksia kuin Suomessa asetetaan asuinhuoneistoille muissa Pohjoismaissa, Baltian maissa sekä Alankomaissa, Itävallassa ja Saksassa. Etelä- ja Itä-Euroopan maissa vaatimustaso on 3–5 dB alhaisempi. Ääripäät vaatimuksille ovat Iso-Britanniassa, jossa Skotlannin vaatimukset ovat ankarimmat ja Englannin ja Walesin lievimmat ja vaatimattomammat kuin muualla Euroopassa.

Pällekkäisten huoneistojen väliselle askelääneneristävyydelle asetettavan suurimman sallittavan askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ perusteella Euroopan maat voidaan jakaa seuraavasti ryhmiin:

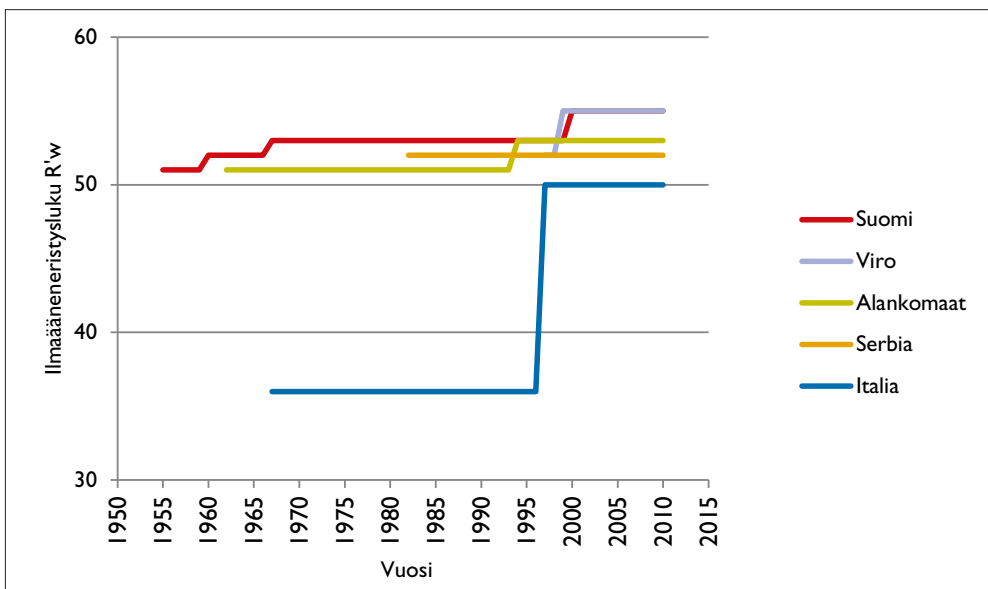
≤ 48 dB	Itävalta
≤ 53 dB	Bulgaria, Islanti, Liettua, Norja, Saksa, Suomi, Sveitsi, Tanska, Viro
≤ 54 dB	Alankomaat, Latvia
≤ 55 dB	Tšekin tasavalta, Unkari
≤ 56 dB	Ruotsi, Skotlanti
≤ 58 dB	Belgia, Puola, Ranska, Slovakia, Slovenia
≤ 60 dB	Kroatia, Portugali, Serbia
≤ 62 dB	Englanti ja Wales, Irlanti
≤ 63 dB	Italia
≤ 65 dB	Espanja

Ruotsissa askelääneneristävyyksmittauksissa käytettävä taajuusalue alkaa 50 Hz keskitaajuudesta alkaen perinteisen 100 Hz sijasta. Tämä tarkoittaa sitä, että vaatimustaso joitakin rakenne-

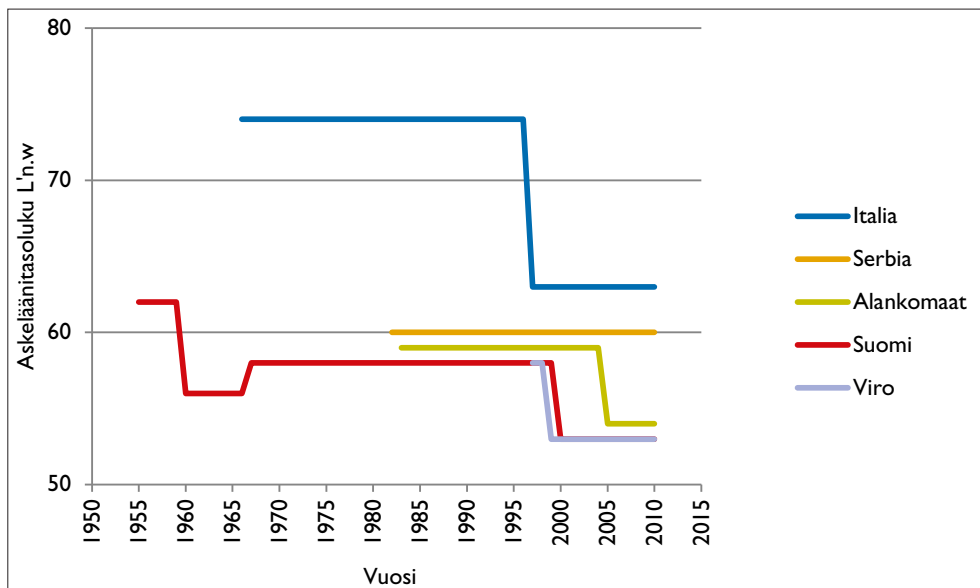
tyyppejä koskien on hieman suurempi verrattuna pelkästään perinteisenä askeläänitasolukuna $L'_{n,w}$ ilmaistuun vaatimukseen.

Askelääneneristävyydelle asetetuissa vaatimuksissa on ankarimman ja lievimmän vaatimuksen välillä Euroopan maissa 17 dB ero. Itävallan vaatimus on 5 dB ankarampi kuin seuraavan ryhmän, johon kuuluu erityisesti Baltian maita, Pohjoismaita ja Suomi. Etelä- ja Itä-Euroopan maissa vaatimukset askelääneneristävyydelle ovat huomattavastikin lievemmat. Monissa maissa askelääneneristävyydelle asetettu vaatimus on huomattavasti lievempi kuin ilmäääneneristävyydelle asetettu.

Monissa maissa asuinhuoneistojen ääneneristävyydestä julkaistiin standardi tai sille asetettiin vaatimuksia säädöksissä 1960-luvulla, kun ääneneristävyyden mittaamenetelmiä koskevat kansainväliset ISO-standardit oli julkaistu. [10] Näin ollen on mahdollista vertailla ääneneristävyyden vaatimustasoa Suomessa muihin maihin, joskaan tutkimuksia ääneneristysvaatimusten kehittymisestä ei ole kovin monessa maassa julkaistu. Tällaisia tietoja on saatavissa Alankomaista, Italiasta, Serbiasta ja Virosta. [3, 19, 20, 30] Kuvissa 5.1 ja 5.2 on esitetty rakentamismääräyksissä esitettyjen ääneneristysvaatimusten kehittyminen näissä maissa. Kuvien perusteella Italian vaatimukset ovat poikenneet huomattavasti muista maista, joissa ilmäääneneristävyydelle asetetut vaatimukset ovat poikenneet toisistaan enintään 3 dB ja askelääneneristävyydelle asetetut 1980-luvulla 2 dB ja 2000-luvulla 7 dB. Vertailtavina olevista maista Suomen ääneneristysvaatimukset ovat olleet jatkuvasti ankarimmat.



Kuva 5.1. Päällekkäisten asuinhuoneistojen väliselle pienimmälle sallitulle ilmäääneneristysluvulle R'_w asetetut rajat eri maissa.



Kuva 5.2. Asuinhuoneistojen väliselle suurimmalle sallitulle askeläänitasoluvulle $L'_{n,w}$ asetetut rajat eri maissa.

Taulukoissa 5.2–5.4 on esitetty ääneneristysvaatimusten toteutuminen Suomessa eri aikoina. Vastaavia tutkimustuloksia on saatavilla Alankomaista, Italiasta, Itävaltasta, Serbiasta ja Virossa. [3, 19, 20, 30, 31] Muista maista käytettävissä on tuloksia vain Englannista ja Walesista 1990-luvun lopulta, jolloin ääneneristysvaatimukset vierekkäisten huoneistojen välillä toteutuivat 75 % tapauksista ja päällekkäisten huoneistojen välillä 60 % tapauksista, vaikka määräysten vaatimukset ovat olleet huomattavasti muuta Eurooppaa lievemmat. [5] Rakennus- ja suunnitteluvirheiden määrä on siten Englannissa ja Walesissa ollut huomattavan suuri. 1990-luvun lopulla siellä käynnistettiin hanke rakennus- ja suunnitteluvirheiden vähentämiseksi. Tavoitteena oli saada määräykset täyttävien rakennusten osuus kymmenessä vuodessa nousemaan lukuun 95 %. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi asetettiin määräyksissä vaatimus, jonka mukaan vuosittain valmistuneessa asuntokannassa ääneneristysarvot on mitattava joka kymmenennestä huoneistosta. Myös suunnittelun ja rakentamisen ohjeistusta parannettiin. Näillä keinoilla tavoite on vuosina 2009–2011 tehtyjen mittausten perusteella saavutettu. [5]

Suomessa ja monissa muissakaan maissa asuinhuoneistojen ääneneristysmittaukset eivät ole pakollisia eikä niitä määräyksissä vaadita. Suomessa määräykset täyttävien mittaustulosten osuus on kasvanut 1960- ja 1970-lukujen noin 60 prosentista viime vuosikymmenen yli 90 prosenttiin. Alankomaissa askelääneneristysvaatimukset täyttävien rakennusten osuus on ollut 1990-luvun alusta saakka lähes 100 %, mutta ilmaääneneristysvaatimukset täyttävien rakennusten osuus oli vielä 1980-luvulla noin 60 %. Viimeisen vuosikymmenen aikana sekin on ylittänyt 90 %. Myös Itävallassa ilma- ja askelääneneristysvaatimukset ovat toteutuneet 1990-luvulta saakka yli 90 % mittauksista. Italiassa vaatimukset olivat pitkään niin lievät,

että ne toteutuivat lähes kaikissa huoneistoissa. Määräystason noustua 1990-luvun lopulla vaatimukset täyttävien mittaustulosten osuus on supistunut noin 50 prosenttiin. Virossa vaatimukset täyttävien mittaustulosten osuus vuosina 1990–2010 rakennetuissa taloissa on ollut 50–60 %. Serbiassa ilmaääneneristysvaatimukset ovat toteutuneet noin 77 % asuinhuoneistoista ja askelääneneristysvaatimukset noin puolessa. Kun otetaan huomioon määräystaso ja määräyksissä esitetyt vaatimukset täyttävien asuinhuoneistojen osuus, toteutunut ääneneristys on näistä maista ollut jo pitkään paras Suomessa, Alankomaissa ja Itävallassa.

6 Ääneneristys korjaushankkeissa

6.1

Korjaushankkeita koskevat säädökset

Voimassa olevat Suomen rakentamismääräyskokoelman uudisrakennuksia koskevat ääneneristysmääräykset [36] eivät ole velvoittavia, kun vanhoissa rakennuksissa tehdään korjaus- ja muutostöitä, joissa rakennuksen käyttötarkoitus ei muutu. Tällaista työtä on esimerkiksi putkiston linjasaneeraus tai julkisivukorjaus. Korjaus- ja muutostyössä ei maankäyttö- ja rakennuslain mukaan [16] kuitenkaan saa vaarantaa rakennuksen käyttäjien turvallisuutta tai heikentää heidän terveydellisiä olojaan. Toisin sanoen rakennuksen ääniolosuhteet eivät saa heikentyä aikaisempaan tilanteeseen verrattuna. Rakennuksen ominaisuuksien säilyttämiseksi rakennusvalvontaviranomainen voi muissakin rakennuslupaa edellyttävissä korjaus- ja muutostöissä kuin käyttötarkoituksen muutoksissa edellyttää, että voimassa olevia rakentamismääräyksiä noudatetaan. Rakennusvalvontaviranomainen voi myös myöntää vähäisiä poikkeuksia voimassa olevista määräyksistä.

Nykyisin voimassa olevia rakentamismääräyskokoelman ääneneristysmääräyksiä voidaan noudattaa, ellei siihen ole teknisiä tai muita esteitä, kun tehdään rakennusten korjaus- ja muutostöitä. [29]

Koska Suomessa käytetyt ääneneristyksen mittausmenetelmät ovat muuttuneet ajan saatossa, tulee korjaus- ja muutostöiden yhteydessä selvittää, mitä mittalukuja ja määräyksiä on käytetty rakennuksen rakennusajankohtana. Teknisten mittalukujen laskentamenetelmät voivat olla erilaiset, vaikka niiden merkintätapa olisikin samanlainen. Tämän ohjeen perusteella voidaan ottaa selvää, mikä on ollut vanhojen määräysten vaatimustaso rakennuksen ollessa uusi nykyisiin määräyksiin verrattuna. Korjausvelvoitetta ei kuitenkaan aiheudu siitä, että rakennusaikaiset määräykset tai suositukset poikkeavat voimassa olevista määräyksistä. [29]

6.2

Esimerkkejä korjaus- ja muutostöistä

6.2.1

Lattianpäällysteen vaihto

Välipohjarakenteen lattianpäällysteen tarkoituksena on rakennusakustiikan kannalta vaimentaa rakenteeseen kohdistuvia iskuja. Iskujen vaimentaminen taas vähentää muun muassa kävelystä, huonekalujen siirtämisestä tai lasten leikkimisestä toiseen tilaan aiheutuvia askelääniä. Näin ollen korjaushankkeissa tulee varmistua siitä, ettei uusi lattianpäällyste heikennä rakenteen askelääneneristystä. Esimerkiksi muovimattoa ei tule vaihtaa välipohjan kantavan rakenteen pintaan suoraan liimattavaan parkettiin tai laminaattiin, keraamiseen laattaan tai kivimateriaaleihin.

6.2.2

Uuden hissin rakentaminen

Rakennettaessa uusi hissi rakennukseen, jossa sitä ei ole aiemmin ollut, hissin toiminnasta aiheutuva sallittu äänitaso määräytyy nykyisten määräysten mukaan. Hissin käyttöönoton yhteydessä tulee varmistaa, että asuinhuoneistoihin ei aiheudu hissin käytöstä melua. Hissin rakenteet tulee eristää runkorakenteista siten, ettei koneista aiheutuva ääni kulkeudu huoneistoihin. Toisaalta, jos hissi sijaitsee porraskäytävällä huoneistoseinän vieressä, tulee seinän ääneneristävyyteen kiinnittää erityistä huomiota, jottei hissin tuottama melu aiheuta häiriötä huoneistojen sisällä.

6.2.3

Putkiremontti

Putkiremontissa on rakennusakustiikan kannalta tärkeää tiivistää rakenteiden läpi vietävien kanavien liitokset, estää kanavien virtausäänien siirtyminen runkoääniksi ja eristää tekniset laitteet runkorakenteista. Putkikanavan kautta toiseen tilaan siirtyvän äänen lisäksi kanavien ja rakenteiden tiivistämättömät liitokset heikentävät tilojen välistä ääneneristystä huomattavasti. Lisäksi virheellisesti asennettujen putkistojen virtausäänet voivat kuulua huoneistoissa. Esimerkiksi viemäriputket tulisikin asentaa joko jäykästi massiivisiin betonirakenteisiin tai eristää betonirakenteista tärinäneristimin [29].

6.2.4

Ikkunaremontti

Melualueilla rakennuksen ulkovaipalle asetetaan usein kaavamääräys, jonka perusteella säädetään muun muassa liikennemelusta huoneistoihin aiheutuvaa äänitasoa. Ikkunoita korjattaessa, muutettaessa, kunnostettaessa tai vaihdettaessa voidaan kiinnittää huomiota myös ääneneristävyyteen ja parantaa sitä. Myös alueilla, joilla liikennemelua koskevaa kaavamääräystä ei ole, voidaan ikkunaremontin yhteydessä parantaa ulkovaipan ääneneristystä.

Rakennuksen ikkunoilla on suuri vaikutus rakennuksen ulkovaipan ääneneristykseen. Kun ikkunoiden ääneneristys on tavallisesti huomattavasti heikompi kuin betonisten ulkoseinien tai muurattujen tiiliseinien ääneneristys, määräävät ikkunoiden ominaisuudet lähes täysin ulkovaipan ääneneristyksen. Jos tällaisen rakennuksen korjaus- ja muutostöissä pyritään parantamaan rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyttä, tulisi tällöin pyrkiä vaikuttamaan ikkunoiden ääneneristävyyteen. Kun rakennuksen ulkoseinärakenne on kevytrakenteinen, äänen merkittävin kulkureitti ulkoa sisään voi olla myös ulkoseinä, koska sen pinta-ala on ikkunaan verrattuna suuri. Tällöin korjaus- ja muutostöissä voi olla tarpeen parantaa sekä ikkunoiden että ulkoseinärakenteen ääneneristävyyttä. [23, 29]

Vanhoissa rakennuksissa on usein painovoimainen ilmanvaihto tai huippuimurit. Tällaisten rakennusten ikkunoiden kunnostuksen voidaan ilmanvaihtoa parantaa tehostamalla korvausilman saantia esimerkiksi lisäämällä ikkunan karmiin rakoventtiili. Korvausilmaventtiilien äänenvaimennusominaisuudet vaikuttavat rakennuksen ulkovaipan ääneneristykseen, jolloin ikkunoita ja korvausilmaventtiileitä valittaessa tulee varmistua siitä, etteivät uudet ikkunat heikennä ulkovaipan ääneneristystä korjaus- tai muutostöitä edeltäneeseen tilanteeseen verrattuna.

6.2.5

Julkisivuremontti

Julkisivurakenteisiin tehtävät muutokset vaikuttavat julkisivun kautta aiheutuviin rakenteellisiin sivutiesiirtymiin ja näin ollen myös huoneistojen väliseen ääneneristykseen. Kuitenkin esimerkiksi betonisandwich-elementin ulkovaipan purkaminen vaikuttaa mittauksen ja laskentatulosten perusteella huoneistojen väliseen ilmaääneneristyslukuun enintään 1 dB [8]. Mikäli puretun betonisandwich-elementin sisäkuoren päälle tehdään eristerappaus, ei se vaikuta huoneistojen väliseen ilmaääneneristykseen [26].

Julkisivurakenteen korjaustoimenpiteet tulee melualueilla tehdä siten, ettei ulkovaipan ääneneristys heikkene. Jos melualueella on annettu kaavamääräys ulkovaipan ääneneristyksestä, tulee määräyksen täyttyä myös julkisivuremontin jälkeen. Esimerkiksi betonisandwich-ulkoseinärakenteen ulkokuoren purkaminen ja korvaaminen muulla rakenteella voi heikentää ulkovaipan ääneneristystä jopa 10 dB, mikä voi melualueilla tarkoittaa sitä, ettei kaavamääräyksessä esitettyjä ulkovaipan ääneneristysvaatimuksia saavuteta [8].

6.2.6

Rakenteiden tiivistäminen

Asuinhuoneistojen pintaremonttien ja laajojen peruskorjausten yhteydessä huoneistojen välistä ilmastäneristävyyttä voidaan parantaa tiivistämällä rakenteissa tai LVIS-asennusten läpivienneissä olevia rakoja. Tällaisia rakoja on usein esimerkiksi betonielementtien saumoissa tai patteriputkien läpivienneissä välipohjan kautta huoneistosta toiseen.

LÄHTEET

1. Apilo, L., Nykänen, H. & Sipari, P. 2008. Lausunto koskien rakennuksen ääneneristävyyttä ja sen mittausta ja tulkintaa. Espoo, VTT, Tutkimusselostus VTT-S-03879-08.
2. Arkkitehtitoimisto Alpo Halme. ca 1979. Asukas-BES: Kerrostalojen ääneneristys. Helsinki, Suomen betoniteollisuuden keskusjärjestö.
3. Beentjes, W. G. M. 2011. Sound insulation in the Netherlands from 1970 to 2010: solutions and frequent problems. Proceedings of Forum Acusticum 2011. Aalborg, June 27 – July 01, s. 1377–1382.
4. Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi. 1960. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, tiedotus 42.
5. Grimwood, C. 2012. Can the house building industry ever achieve full compliance with the sound insulation requirements of national building regulations and create truly sustainable homes? Proceedings of the 8th European Conference on Noise Control Euronoise 2012. Prague, June 10–13, pp. 1196–1201.
6. ISO 140-VII:1978. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part VII: Field measurements of impact sound insulation of floors. Switzerland, International Organization for Standardization.
7. ISO/R 717-1968. Rating of sound insulation for dwellings. Switzerland, International Organization for Standardization.
8. Koskinen, J. 2011. Raskaan julkisivukorjauksen vaikutus betonielementtikerrostalon ilmaääneneristykseen. Diplomityö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos.
9. Kylliäinen, M. 2006. Talonrakentamisen akustiikka. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos, tutkimusraportti 137.
10. Kylliäinen, M. 2009. Kansainväliset yhteydet vuoden 1967 ääneneristysnormien muotoutumisessa. Helsinki, Tekniikan Waiheita 3/09 s. 29–47.
11. Kylliäinen, M. & Helimäki, H. 2003. Effects of new sound insulation requirements on concrete floors in Finland. Ultragarsas, nr. 2(47) s. 16–20.
12. Kylliäinen, M. & Keronen, A. 1999. Lisärakentamisen rakennetekniset mahdollisuudet lähiöiden asuinkerrostaloissa. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu. Talonrakennustekniikan laboratorio, julkaisu 97.
13. Laakso, T. K. 1960. Ääneneristystutkimuksia Tapiolan asuinrakennuksissa. Rakennustaito N:o 4-5/1960 s. 97–109.
14. Lietzén, J. 2011. Asuinhuoneistojen välisen ääneneristyksen kehittyminen Suomessa vuosina 1955–2008. Kandidaatintyö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos.
15. Lietzén, J. & Kylliäinen, M. 2012. The development of sound insulation between Finnish dwellings from 1955 to 2008. Proceedings of the 8th European Conference on Noise Control Euronoise 2012. Prague, June 10–13, pp. 1459–1464.
16. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Suomen säädöskokoelma 132/1999.
17. Malinen, U. 1977. Ääneneristys kerrostaloissa. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio, tiedonanto 37.
18. Malinen, U & Sneck, T. 1978. Viihtyvyys ja ääneneristävyys kerrostaloissa. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio, tiedonanto 41.
19. Mijić, M., Pavlović, D. Š. & Todorović, D. 2012. Sound insulation between dwellings in existing housing stock in Serbia. Proceedings of the 8th European Conference on Noise Control Euronoise 2012. Prague, June 10–13, pp. 1254–1259.
20. Nannipieri, E. & Secchi, S. 2012. The evolution of acoustic comfort in Italian houses. Building Acoustics. Vol. 19(2), s. 99–118.
21. Parjo, M. 1959. Betonikerrostalon ääneneristystä koskevia tutkimuksia. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, tiedotus 42.
22. Parjo, M. 1965. Uusien ja erikoisesti elementtirakenteisten asuinrakennusten ääneneristys. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio.
23. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristöopas 108.

24. Rasmussen, B. & Rindel, J. 2010. Sound insulation between dwellings – Descriptors applied in building regulations in Europe. *Applied Acoustics*. Vol. 71(3), pp. 171–180.
25. Rasmussen, B. 2010. Sound insulation between dwellings – Requirements in building regulations in Europe. *Applied Acoustics*. Vol. 71(4), pp. 373–385.
26. Rauhala, J. & Kylliäinen, M. 2009. Eristerapatun betoniseinän ilmaääneneristävyyden tutkimusraportti 142. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos, rakennetekniikan tutkimusraportti 142.
27. RIL 55. 1967. Ääneneristysnormit. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
28. RIL 55 b. 1971. Ääneneristysnormit. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
29. RIL 243-1-2007. Rakennusten akustinen suunnittelu, akustiikan perusteet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
30. Ründva, M. 2012. Sound insulation of newly-built residential housing stock in Estonia. *Proceedings of the 8th European Conference on Noise Control Euronoise 2012*. Prague, June 10–13, s. 1242–1257.
31. Schönback, W., Lang, J. & Pierrard, R. 2006. Schallschutz im Wohnungsbau. Technische Universität Wien, Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Umweltplanung.
32. SFS 5907:2004. Rakennusten akustinen luokitus. 2004. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
33. Sipari, P., Nykänen, E. & Heinonen, R. 2005. Betonirakenteisten kerrostalojen ääniolosuhteet. Helsinki, Suomen ympäristö 777, ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.
34. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys – Määräykset. 1975. Helsinki, sisäasiainministeriö.
35. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys – Määräykset. 1985. Helsinki, ympäristöministeriö.
36. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa – Määräykset ja ohjeet. 1998. Helsinki, ympäristöministeriö.
37. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C5: Ääneneristys – Ohjeet. 1978. Helsinki, sisäasiainministeriö.
38. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C5: Ääneneristys – Ohjeet. 1985. Helsinki, ympäristöministeriö.
39. Testausselostuksia vuosina 1961–1968 tehdyistä ääneneristystutkimuksista. Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennusteknillinen laboratorio.
40. Ääneneristys rakennuksessa. 2003. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristöopas 99.
41. Ääneneristystutkimustoimikunta. 1955. Kerrostalojen ääneneristystutkimus. Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT, rakennustekniikan laboratorio.

LIITTEET

- Liite 1** Ääneneristysmääräykset ja -suositukset vuodesta 1955 lähtien
- Liite 2** Ääneneristävyysarvojen määrittäminen vuosien 1955 ja 1960 mukaisista arvoista vuoden 1998 määräysten mukaisiksi
- Liite 3** Ääneneristystutkimusten tulokset

LIITE I:

Ääneneristysmääräykset ja -suositukset vuodesta 1955 lähtien

Kerrostalojen ääneneristystutkimus, VTT 1955

Mittaukset suoritettiin ja tulokset esitettiin kolmannesoktaavikaistoittain keskitaajuuksilla 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 640, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 ja 3200 Hz.

Ilmaääneneristävyys

Rakennuksessa mitattava ilmaääneneristävyys R' [dB] saatiin yhtälöstä:

$$R' = L'_1 - L'_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{Liite 1.1})$$

jossa

L'_1 ja L'_2 ovat kolmannesoktaavikaistoittain mitatut äänenpainetasot [dB] lähetys- ja vastaanottohuoneissa,

T on vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika taajuuskaistoittain [s],

T_0 on vertailujälkikaiunta-aika. Asuinhuoneissa T_0 oli 0,5 s.

Äänenpainetasot L'_1 ja L'_2 saatiin ottamalla alueella 100–400 Hz kuudessa eri kohdassa ja alueella 500–3200 Hz kolmessa eri kohdassa mitatuista äänenpainetasoista keskiarvot. [41]

Askelääneneristävyys

Rakennuksessa mitattava askeläänentaso L'_N [dB] saatiin yhtälöstä:

$$L'_N = L' - 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{Liite 1.2})$$

jossa

L' on kolmannesoktaavikaistoittain mitatut äänenpainetasot [dB],

T on vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika taajuuskaistoittain [s],

T_0 on vertailujälkikaiunta-aika. Asuinhuoneissa T_0 oli 0,5 s. [41]

Vaatimukset

Taulukossa L1.1 on esitetty vaatimuskäyrät vaakasuntaan mitatulle ilmaääneneristävyydelle rivillä 1 ja pystysuuntaiselle mittaukselle rivillä 2. Suurin sallittu keskimääräinen poikkeama vaatimuskäyrien alapuolelle oli 2 dB. Taulukon L1.1 rivillä 3 on esitetty askelääneneristävyy-

LIITE 1/2 den vaatimuskäyrä pystysuuntaiselle mittaukselle. Suurin sallittu keskimääräinen poikkeama vaatimuskäyrän yläpuolelle oli 2 dB. [41]

Taulukko L1.1. Vaatimuskäyrät [dB] ilmäääneneristävyydelle vaakasuuntaan (rivi 1) ja pystysuuntaan (rivi 2) sekä askelääneneristävyydelle pystysuuntaan (rivi 3). [41]

Rivi nro	Kolmannesoktaavikaistan keskitaajuus [Hz]															
	100	125	160	200	250	320	400	500	640	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200
1	31	34	37	40	43	46	49	50	51	52	53	54	54	54	54	54
2	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
3	64	64	64	64	64	64	63	62	61	60	59	56	53	50	47	44

Vaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi

Vaatimustason muuntamisesta voidaan esittää arviot, kun oletetaan mitatun käyrän mukai-
levan mahdollisimman hyvin vaatimuskäyrän muotoa, koska vertailukäyrien muodot olivat
samat kuin nykyään. Mikäli kaikilla keskitaajuuksilla mittauskäyrä poikkesi vaatimuksesta
keskimäärin 2 dB, oli poikkeamien summa yhteensä noin 32 dB, mikä vastaa jo sellaisenaan
vuoden 1998 menetelmää. Luvun 4.3 mukaisesti vaatimuksen muuntoon liittyy myös vastaan-
ottohuoneen tilavuus ja tutkittavan rakenteen pinta-ala. Tämän vuoksi vaatimukset eivät ole
samat kaikenkokoisille huoneille. Arviot vaatimuksista muunnettuina nykyisiä vastaaviksi
eräillä vastaanottohuoneiden tilavuuksilla ja tutkittavien rakenteiden pinta-aloilla on esitetty
taulukoissa L1.2–L1.4.

Taulukko L1.2. Huoneistojen välisen ilmäääneneristävyyden vaatimukset vaakasuuntaan muunnettuina vuoden 1998 rakentamismääräysten menetelmiä vastaaviksi joillakin vastaanottohuoneen tilavuuksilla ja tutkittavan rakenteen pinta-aloilla.

Tilavuus [m³]/Pinta-ala [m²]	30/10	60/15	90/20
Väliseinän ilmäääneneristysluku R'w [dB]	51	49	49

Taulukko L1.3. Huoneistojen välisen ilmäääneneristävyyden vaatimukset pystysuuntaan muunnettuina vuoden 1998 rakentamismääräysten menetelmiä vastaaviksi joillakin vastaanottohuoneen tilavuuksilla ja tutkittavan rakenteen pinta-aloilla.

Tilavuus [m³]/Pinta-ala [m²]	30/10	60/20	90/30
Välipohjan ilmäääneneristysluku R'w [dB]	51	51	51

Taulukko L1.4. Huoneistojen välisen askelääneneristävyyden vaatimukset pystysuuntaan muunnettuina vuoden 1998 rakentamismääräysten menetelmiä vastaaviksi joillakin vastaanottohuoneen tilavuuksilla.

Tilavuus [m³]	30	60	90
Välipohjan askeläänitasoluku L'n,w [dB]	62	65	67

Ääneneristysmittauksissa käytettiin ISO:n (International Organization for Standardization) suosittelemia mittausten menetelmiä poiketen kuitenkin siinä, että mittaustulosten normalisointi tehtiin käyttäen pohjoismaisen rakennusmääräyskomitean suosituksen mukaisesti vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aikaa. [4]

Mittaukset suoritettiin ja tulokset esitettiin kolmannesoktaavikaistoittain keskitaajuuksilla 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 ja 3150 Hz. Tulosten havainnollistamiseksi ja esittämiseksi yhtenä lukuna käytettiin ns. suoja-arvoja, jotka saatiin vertailukäyrämenettelyllä mitatuista huone-eristyksistä ja askeläänentasoista.

Ilmaääneneristävyys

Rakennuksessa mitattavalle ilmaääneneristävyydelle käytettiin nimitystä huone-eristys $D_T = R'$ [dB] ja se saatiin yhtälöstä:

$$R' = L'_1 - L'_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{Liite 1.3})$$

jossa

L'_1 ja L'_2 ovat kolmannesoktaavikaistoittain mitatut äänenpainetasot [dB] lähetys- ja vastaanottohuoneissa,

T on vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika taajuuskaistoittain [s],

T_0 on vertailujälkikaiunta-aika. Asuinhuoneissa T_0 oli 0,5 s.

Äänenpainetasot L'_1 ja L'_2 saatiin ottamalla taajuusalueella 100–400 Hz kuudessa eri kohdassa ja alueella 500–3150 Hz kolmessa eri kohdassa mitatuista äänenpainetasoista keskiarvot. [4]

Rakenteen ilmaääneneristystä kuvasi ilmaäänensuoja-arvo, joka saatiin siirtämällä vaatimuskäyrää koordinaatistossa pystysuoraan, kunnes mitattu käyrä poikkesi vaatimuskäyrän alapuolelle sallitun poikkeaman verran. Ilmaäänensuoja-arvo oli alkuperäisellä paikallaan olevan ja siirretyn vaatimuskäyrän pystysuora erotus desibeleinä. Jos vaatimuskäyrää tuli siirtää ylöspäin, oli suoja-arvo positiivinen ja ilmaisi, kuinka monta desibeliä parempi tarkasteltava ratkaisu oli normieristykseen verrattuna. Suoja-arvo oli negatiivinen, kun vaatimuskäyrää täytyi siirtää alaspäin, jolloin kyseisen rakenteen ilmaääneneristys oli normieristystä huonompi. [4]

Rakennuksessa mitattava askeläänentaso L'_A [dB] saatiin yhtälöstä:

$$L'_A = L' - 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{Liite 1.4})$$

jossa

L' on kolmannesoktaavikaistoittain mitatut äänenpainetasot [dB],

T on vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika taajuuskaistoittain [s],

T_0 on vertailujälkikaiunta-aika. Asuinhuoneissa T_0 oli 0,5 s. [4]

Äänenpainetasot L' saatiin ottamalla taajuusalueella 100–400 Hz kuudessa eri kohdassa ja alueella 500–3150 Hz kolmessa eri kohdassa mitatuista äänenpainetasoista keskiarvot. [4]

Askelääneneristystä kuvasi askeläänensuoja-arvo, joka saatiin siirtämällä vaatimuskäyrää koordinaatistossa pystysuoraan, kunnes mitattu käyrä poikkesi vaatimuskäyrän yläpuolelle sallitun poikkeaman verran. Askeläänensuoja-arvo oli alkuperäisellä paikallaan olevan ja siirretyn vaatimuskäyrän pystysuora erotus desibeleinä. Jos vaatimuskäyrää tuli siirtää alaspäin, oli suoja-arvo positiivinen ja ilmaisi, kuinka monta dB parempi tarkasteltava ratkaisu oli normieristykseen verrattuna. Suoja-arvo oli negatiivinen, kun vaatimuskäyrää täytyi siirtää ylöspäin ja tällöin kyseisen rakenteen ääneneristys oli normieristystä huonompi. [4]

Vaatimukset

Rakennukset jaettiin kolmeen ääneneristysluokkaan sen mukaan, millainen pohjamelun voimakkuus rakennuksen melulta suojaamista vaativissa tiloissa sallittiin [4]. Lisäksi annettiin seuraavat rakenteiden ääneneristävyteen perustuvat vaatimukset:

Luokassa I askeläänensuoja-arvon huoneistosta toiseen mitattuna tuli olla vähintään 5 dB luokan II vaatimusta parempi. Luokan I määräykset tarkoitettiin lähinnä rivitalotyypisille asuinrakennuksille ja eräin edellytyksin myös sairaaloihin.

Luokassa II asuinhuoneistojen välisen ilmaääneneristyksen eli huone-eristyksen tuli olla rakennuksessa sellainen, että taulukon L1.5 rivin 1 arvojen ja samoja taajuuksia käyttäen huoneistosta toiseen mielivaltaiseen suuntaan mitattujen huone-eristysten positiivisten erotusten summa oli enintään 16 dB. Huoneistojen välisen askelääneneristyksen tuli olla jokaiseen suuntaan sellainen, että taulukon L1.5 rivin 2 arvojen ja mitattujen askeläänitasojen negatiivisten erotusten summa oli enintään 16 dB. Luokan II määräykset tarkoitettiin kivirakenteisia kerrostaloja varten.

Luokassa III huoneistojen välisen ilmaääneneristyksen eli huone-eristyksen tuli olla rakennuksessa sellainen, että taulukon L1.5 rivin 3 arvojen ja samoja taajuuksia käyttäen huoneistosta toiseen mielivaltaiseen suuntaan mitattujen huone-eristysten positiivisten erotusten summa oli enintään 16 dB. Huoneistojen välisen askelääneneristyksen tuli olla jokaiseen suuntaan sellainen, että taulukon L1.5 rivin 4 arvojen ja mitattujen askeläänitasojen negatiivisten erotusten

summa oli enintään 16 dB. Luokan III määräykset tarkoitettiin kahden tai useamman perheen asuttamille puurakennuksille sekä koulu- ja liikeyrityksille. LIITE I/5

Taulukko L1.5. Vaatimuskäyrien arvot desibeleinä luokissa II ja III eri tapauksille. [4]

Rivi nro	Kolmannesoktaavikaistan keskitajuus [Hz]															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	31	34	37	40	43	46	49	50	51	52	53	54	54	54	54	54
2	59	59	59	59	59	59	58	57	56	55	54	51	48	45	42	39
3	27	30	33	36	39	42	45	46	47	48	49	50	50	50	50	50
4	70	70	70	70	70	70	69	68	67	66	65	62	59	56	53	50

Vaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi

Vaatimustason muuntamisesta voidaan esittää arviot, kun oletetaan mitatun käyrän mukailleen mahdollisimman hyvin vaatimuskäyrän muotoa, koska vertailukäyrien muodot olivat samat kuin nykyään. Mikäli mittauskäyrä poikkesi tasaisesti vertailukäyrästä yhteensä alle 16 dB, voidaan karkeasti olettaa, että kun vertailukäyrää siirretään pystysuorassa 1 dB verran tiukempaan suuntaan, saadaan poikkeamien summaksi alle 32 dB, mikä vastaa vuoden 1998 menettelyä. Luvun 4.2 mukaisesti vaatimuksen muuntoon liittyy myös vastaanottohuoneen tilavuus ja tutkittavan rakenteen pinta-ala, minkä vuoksi muunnetut vaatimukset eivät ole samat kaikenkokoisille huoneille. Arviot luokan II (taulukko L1.5 rivit 1 ja 2) vaatimuksista muunnettuina nykyisiä menetelmiä vastaaviksi eräillä vastaanottohuoneiden tilavuuksilla ja tutkittavien rakenteiden pinta-aloilla on esitetty taulukoissa L1.6–L1.8.

Taulukko L1.6. Huoneistojen välisen ilmastoineneneristävyyden vaatimukset vaakasuuntaan luokassa II muunnettuina vuoden 1998 rakentamismääräysten menetelmiä vastaaviksi joillakin vastaanottohuoneen tilavuuksilla ja tutkittavan rakenteen pinta-aloilla.

Tilavuus [m ³]/Pinta-ala [m ²]	30/10	60/15	90/20
Väliseinän ilmastoineneneristysluku R'_w [dB]	52	50	50

Taulukko L1.7. Huoneistojen välisen ilmastoineneneristävyyden vaatimukset pystysuuntaan luokassa II muunnettuina vuoden 1998 rakentamismääräysten menetelmiä vastaaviksi joillakin vastaanottohuoneen tilavuuksilla ja tutkittavan rakenteen pinta-aloilla.

Tilavuus [m ³]/Pinta-ala [m ²]	30/10	60/20	90/30
Välipohjan ilmastoineneneristysluku R'_w [dB]	52	52	52

Taulukko L1.8. Huoneistojen välisen välipohjan askelääneneristävyyden vaatimukset pystysuuntaan luokassa II muunnettuina vuoden 1998 rakentamismääräysten menetelmiä vastaaviksi joillakin vastaanottohuoneen tilavuuksilla.

Tilavuus [m ³]	30	60	90
Välipohjan askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ [dB]	56	59	61

Mittaukset suoritettiin käyttäen Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen soveltamia menetelmiä (kuten Kerrostalojen ääneneristystutkimuksessa, VTT 1955) [27] ja tulokset esitettiin kolmannesoktaavikaistoittain keskitaajuuksilla 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 ja 3150 Hz. Tulosten havainnollistamiseksi ja esittämiseksi yhtenä lukuna käytettiin ilmaääneneristysindeksiä I_a ja askeläänentasoindeksiä I_v , jotka saatiin vertailukäyrämenettelyllä mitatuista ilmaääneneristävyyksistä ja askeläänenpainetasoista.

Ilmaääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu ilmaääneneristävyys R' [dB] saatiin yhtälöstä:

$$R' = L'_1 - L'_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{Liite 1.5})$$

jossa

L'_1 ja L'_2 ovat kolmannesoktaavikaistoittain mitatut keskimääräiset äänenpainetasot [dB] lähetys- ja vastaanottohuoneissa,

S on tutkittavan rakennusosan pinta-ala [m^2] ja

A on vastaanottohuoneen absorptioala [m^2].

Sabinen kaavan mukaisesti vastaanottohuoneen tilavuudella V [m^3] ja jälkikaiunta-ajalla T [s] on yhteys, jonka mukaan:

$$A = 0,16 \frac{V}{T} \quad (\text{Liite 1.6})$$

Mikäli yhteinen rakennusosan ala S huoneiden välillä oli pienempi kuin 10 m^2 tai jos yhteistä rakennusosaa ei ollut, valittiin S :n arvoksi 10 m^2 . [27]

Ilmaääneneristysindeksi I_a osoitti rakennuksessa kahden huoneen välillä mitattua ja ääneneristävyyden vertailukäyrään vertailemalla laskettua ilmaääneneristystä. I_a :n arvoa laskettaessa siirrettiin ääneneristävyyden vertailukäyrää 1 dB portain asemaan, jossa siirretyn vertailukäyrän ja mitatun käyrän vastinarvojen erotukset vertailukäyrän alapuolella olivat yhteensä enintään 32 dB. Yksittäinen poikkeama vertailukäyrän alapuolella ei saanut ylittää 8 dB. I_a saatiin lukemalla ylimmässä mahdollisessa ehdot täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n kohdalta. Mitä suurempi I_a :n arvo oli, sitä parempi oli rakenteen ilmaääneneristävyys. [27] Ilmaääneneristävyysien vertailukäyrä indeksiin I_a ollessa 52 dB on esitetty taulukossa L1.9.

Taulukko L1.9. Rakennuksessa mitattujen ilmaääneneristävyyksien vertailukäyrä. [27]

LIITE 1/7

Kolmannesoktaavikaistan keskitaajuus [Hz]																
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Käyrän arvo [dB]	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Askelääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu askeläänentaso L'_{10} tarkoitti äänenpainetasoa, joka vallitsi vastaanottohuoneessa, kun standardisoitu askeläänikoje löi tutkittavaan rakenneosaan. Askeläänentaso L'_{10} [dB] saatiin yhtälöstä:

$$L'_{10} = L'_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{A}{10} \right) \quad (\text{Liite 1.7})$$

jossa

L'_2 on vastaanottohuoneen keskimääräinen äänenpainetaso kolmannesoktaavikaistoittain [dB],

A on vastaanottohuoneen absorptioala [m²].

Askeläänentasoindeksi I_i kuvasi huoneessa vallitsevaa äänenpainetasoa, kun standardisoitu vasarakoje löi tutkittavaan rakennusosaan. Askeläänentasoindeksi I_i saatiin, kun vertailukäyrää siirrettiin 1 dB portain sellaiseen asemaan, jossa vertailukäyrän ja mitatun käyrän vastinarvojen erotukset vertailukäyrän yläpuolella olivat yhteensä enintään 32 dB. Yksittäinen poikkeama vertailukäyrän yläpuolella ei saanut ylittää 8 dB. I_i :n arvo saatiin lukemalla alimmassa mahdollisessa ehdot täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n kohdalta ja lisäämällä siihen 5 dB. Mitä suurempi I_i :n arvo oli, sitä heikompi oli rakenteen askelääneneristävyys. [27] Askeläänentasojen vertailukäyrä indeksin I_i ollessa 65 dB (= 60+5 dB) on esitetty taulukossa L1.10.

Taulukko L1.10. Rakennuksessa mitattujen askeläänentasojen vertailukäyrä. [29]

Kolmannesoktaavikaistan keskitaajuus [Hz]																
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Käyrän arvo [dB]	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42

Vaatimukset

Ilmaääneneristävyysvaatimukset annettiin vaaka- ja pystysuuntaan ja askelääneneristävyysvaatimukset pystysuuntaan. Rakennus tuli suunnitella ja rakentaa siten, että taulukossa L1.11 esitettyjä ilmaääneneristysindeksejä I_a ei aliteta eikä askeläänentasoindeksejä I_i ylitetä. Asuinrakennuksiin liittyvät vaatimukset eriteltiin kytkettyihin pientaloihin ja muihin asuintaloihin.

LIITE I/8 Asuinhuoneiston huoneisiin on taulukossa luettu asuinhuoneiden lisäksi myös keittiö, wc-, kylpy- ja suihkuhuone. [27]

Taulukko L1.11. Ilmaääneneristysindeksin I_a vähimmäisarvot ja askeläänentasoindeksin I_i enimmäisarvot. [27]

	Ilmaääneneristysindeksin I_a vähimmäisarvot [dB]		Askeläänentaso- indeksin I_i enimmäisarvot [dB]
	vaakasuunnassa	pystysuunnassa ¹⁾	
Kytkeyt pientalot			
Eri huoneistoissa sijaitsevien huoneiden ja tilojen välillä lukuun ottamatta asuntojen varastotilaa.	55	55	63 ²⁾
Asuinhuoneiden ja asuntojen varastotilan välillä.	52	52	63
Muut asuintalot			
Eri huoneistoissa sijaitsevien huoneiden ja tilojen välillä.	52	53	63 ²⁾
Asuinhuoneiden ja porras-huoneen, käytävän, ullakon tai kellarin välillä.	52 ³⁾	53	68

1) Koskee myös diagonaalisuuntaista mittausta.

2) Ei ole voimassa wc-, kylpy- tai suihkuhuoneiden ja asuinhuoneiden välillä.

3) Arvo tarkoittaa itse seinän ääneneristystä ja edellyttää, että äänen siirtymien ovien kautta on estetty.

Vaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi

Vaatimusten muunto vuoden 1998 menetelmien tasoon voidaan tehdä, kun oletetaan mitatun käyrän mukailleen mahdollisimman hyvin vaatimuskäyrän muotoa, koska vertailukäyrien muodot olivat samat kuin nykyään – mikäli mittauskäyrä poikkesi vaatimuskäyrästä paljon yksittäisessä kohdassa, voidaan vaatimusta nostaa. Mikäli ilmaääneneristysten tapauksessa mittauskäyrä poikkesi tasaisesti vertailukäyrästä yhteensä alle 32 dB, voidaan karkeasti olettaa, että vaatimus vastaa vuoden 1998 menetelmää, koska mittausmenetelmät ovat samat. Askelääneneristysvaatimuksien muuntaminen, kun mittauskäyrä mukaillee vertailukäyrän muotoa, vaatii ainoastaan 5 dB lisäyksen poistamisen vaatimuksesta. Asuinkeuhkalojen vaatimukset asuinhuoneistojen välillä muunnettuina nykyisiä menetelmiä vastaaviksi on esitetty taulukoissa L1.12.

Taulukko L1.12. Asuinkerrostalojen huoneistojen väliset ääneneristysvaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi.

LIITE I/9

Vaakasuuntainen ilmaääneneristysluku R'_w [dB]	52
Pystysuuntainen ilmaääneneristysluku R'_w [dB]	53
Pystysuuntainen askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ [dB]	58

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1, 1975

Mittaukset suoritettiin suosituksessa ISO/R 140–1960 esitettyjen mittausmenetelmien mukaan kolmannesoktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz, kuten suosituksessa ISO/R 266–1962 esitettiin. Mittaustulokset esitettiin suosituksen ISO/R 717–1968 mukaisesti vertailukäyrämenettelyllä samoin kuin vuonna 1967 julkaistuissa Ääneneristysnormeissa esitettiin. [34]

Vaatimukset

Ilmaääneneristävyysvaatimukset annettiin vaaka- ja pystysuuntaan ja askelääneneristävyysvaatimukset pystysuuntaan. Rakennus tuli suunnitella ja rakentaa siten, että taulukossa L1.13 esitettyjä ilmaääneneristysindeksejä I_a ei aliteta eikä taulukossa L1.14 esitettyjä askeläänentasoindeksejä I_i ylitetä. Asuinrakennuksiin liittyen vaatimukset eriteltiin kytkettyihin pientaloihin ja muihin asuintaloihin. [34]

Taulukko L1.13. Ilmaääneneristysindeksin I_a vähimmäisarvot. [34]

	Ilmaääneneristysindeksin I_a vähimmäisarvot [dB]	
	vaakasuunnassa	pystysuunnassa
Kytkeytyt pientalot		
Asuinhuoneistojen välillä sekä asuinhuoneiston ja uloskäytävän välillä.	55	55
Asuinhuoneiston ja huoneistoon kuulumattoman tilan välillä.	55	55
Muut asuintalot		
Asuinhuoneistojen välillä sekä asuinhuoneiston ja uloskäytävän välillä.	52	53
Asuinhuoneiston ja huoneistoon kuulumattoman tilan välillä.	52	53

	Askeläänentasoindeksin I_i enimmäisarvot [dB]	
Kytkeytyt pientalot		
Asuinhuoneistojen välillä	63	
Asuinhuoneiston ja uloskäytävän välillä.	63	
Asuinhuoneiston ja huoneistoon kuulumattoman tilan välillä.	54	
Muut asuintalot		
Asuinhuoneistojen välillä.	63	
Asuinhuoneiston ja uloskäytävän välillä.	68	
Asuinhuoneiston ja huoneistoon kuulumattoman tilan välillä.	54	

Vaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi

Vaatimusten muunto vuoden 1998 menetelmien tasoon voidaan tehdä, kun oletetaan mitatun käyrän mukailleen mahdollisimman hyvin vaatimuskäyrän muotoa, koska vertailukäyrien muodot olivat samat kuin nykyään – mikäli mittauskäyrä poikkesi vaatimuskäyrästä paljon yksittäisessä kohdassa, voidaan vaatimusta nostaa. Mikäli ilmaääneneristyksen tapauksessa mittauskäyrä poikkesi tasaisesti vertailukäyrästä yhteensä alle 32 dB, voidaan karkeasti olettaa, että vaatimus vastaa vuoden 1998 menetelmää, koska mittausmenetelmät ovat samat. Askelääneneristysvaatimuksien muuntaminen, kun mittauskäyrä mukailee vertailukäyrän muotoa, vaatii ainoastaan 5 dB lisäyksen poistamisen vaatimuksesta. Asuinkeuhkalojen vaatimukset asuinhuoneistojen välillä muunnettuina nykyisiä menetelmiä vastaaviksi on esitetty taulukoissa L1.15.

Taulukko L1.15. Asuinkeuhkalojen huoneistojen väliset ääneneristysvaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi.

Vaakasuntainen ilmaääneneristysluku R'_w [dB]	52
Pystysuntainen ilmaääneneristysluku R'_w [dB]	53
Pystysuntainen askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ [dB]	58

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C5, 1978

Ilmaääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu ilmaääneneristävyys R' [dB] saatiin yhtälöstä:

$$R' = L'_1 - L'_2 + 10\log_{10}\left(\frac{S}{A}\right)$$

(Liite 1.8)

jossa

L'_1 ja L'_2 ovat kolmannesoktaavikaistoittain mitatut keskimääräiset äänenpainetasot [dB] lähetyk- ja vastaanottohuoneissa,
 S on tutkittavan rakennusosan pinta-ala [m²] ja
 A on vastaanottohuoneen absorptioala [m²].

Mikäli yhteinen rakennusosan ala S huoneiden välillä oli pienempi kuin 10 m² tai jos yhteistä rakennusosaa ei ollut, valittiin S :n arvoksi 10 m². [37]

Ilmaääneneristysindeksi I_a osoitti rakennuksessa kahden huoneen välillä mitattua ja äänen-eristävyyden vertailukäyrään vertailemalla laskettua ilmaääneneristystä. I_a :n arvoa laskettaessa siirrettiin äänen-eristävyyden vertailukäyrää 1 dB portain asemaan, jossa siirretyn vertailukäyrän ja mitatun käyrän vastinarvojen erotukset vertailukäyrän alapuolella olivat yhteensä enintään 32 dB. Jos yksittäinen poikkeama vertailukäyrän alapuolella jollakin taajuudella ylitti 8 dB, määritettiin vertailukelpoinen ilmaääneneristysindeksi siten, että vertailukäyrän ja mitatun käyrän erotusten summan vertailukäyrän alapuolella tuli olla enintään 24 dB ja yksittäisen poikkeaman suurin sallittu suuruus vertailukäyrän alapuolella oli 12 dB. I_a saatiin lukemalla ylimmässä mahdollisessa ehdot täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n kohdalta. [37] Ilmaääneneristävyyksien vertailukäyrä indeksin I_a ollessa 52 dB on esitetty taulukossa L1.16.

Taulukko L1.16. Rakennuksessa mitattujen ilmaääneneristävyyksien vertailukäyrä. [37]

Kolmannesoktaavikaistan keskitajuus [Hz]																
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Käyrän arvo [dB]	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Askelääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu askeläänentaso L'_n tarkoitti äänenpainetasoa, joka vallitsi jossakin vastaanottohuoneessa, kun standardisoitu askeläänikoje löi tutkittavaan rakenneosaan. Askeläänentaso L'_n [dB] saatiin yhtälöstä:

$$L'_n = L'_i + 10 \log_{10} \left(\frac{A}{10} \right) \quad (\text{Liite 1.9})$$

jossa

L'_i on vastaanottohuoneen keskimääräinen äänenpainetaso kolmannesoktaaveittain [dB],
 A on vastaanottohuoneen absorptioala [m²].

Askeläänentasoindeksi I_i kuvasi huoneessa vallitsevaa äänenpainetasoa, kun standardoitu askeläänikoje löi tutkittavaan rakennusosaan. Askeläänentasoindeksi I_i saatiin, kun vertai-

LIITE I/12 lukäyrää siirretään 1 dB portain sellaiseen asemaan, jossa vertailukäyrän ja mitatun käyrän vastinarvojen erotukset vertailukäyrän yläpuolella olivat yhteensä enintään 32 dB. Jos yksittäinen poikkeama vertailukäyrän yläpuolella jollakin taajuudella ylitti 8 dB, määritettiin vertailukelpoinen askeläänentasoindeksi siten, että vertailukäyrän ja mitatun käyrän erotusten summan vertailukäyrän yläpuolella tuli olla enintään 24 dB ja yksittäisen poikkeaman suurin sallittu suuruus vertailukäyrän yläpuolella oli 12 dB. I_i :n arvo saatiin lukemalla alimmassa mahdollisessa ehdot täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n kohdalta. [37] Askeläänitasojen vertailukäyrä indeksiin I_i ollessa 58 dB on esitetty taulukossa L1.17.

Taulukko L1.17. Rakennuksessa mitattujen askeläänitasojen vertailukäyrä. [37]

Kolmannesoktaavikaistan keskitäajuus [Hz]																
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600		2500	3150
Käyrän arvo [dB]	60	60	60	60	60	60	59	58	57	56	55	52	49	46	43	40

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1, 1985

Mittaukset suoritettiin suosituksessa ISO 140/3.4.6.7–1978 esitettyjen mittausmenetelmien mukaan kolmannesoktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz, kuten suosituksessa ISO 266–1975 esitettiin. Mittaustulokset esitettiin suosituksen ISO/R 717–1982 mukaisesti. [35]

Vaatimukset

Ilmaääneneristävyysvaatimukset annettiin vaaka- ja pystysuuntaan ja askelääneneristävyysvaatimukset pystysuuntaan. Rakennus tuli suunnitella ja rakentaa siten, että taulukossa L1.18 esitettyjä ilmaääneneristyslukuja R'_w ei aliteta eikä taulukossa L1.19 esitettyjä askeläänitasolukuja $L'_{n,w}$ ylitetä. Asuinrakennuksiin liittyen vaatimukset eriteltiin rivitaloihin ja muihin kytkettyihin pientaloihin ja asuinkerrostaloihin. [35]

Taulukko L1.18. Ilmaääneneristysluvun R'_w vähimmäisarvot. [35]

	Ilmaääneneristysluvun R'_w vähimmäisarvot [dB]	
	vaakasuunnassa	pystysuunnassa
Rivitalot ja muut kytketyt pientalot		
Asuinhuoneistojen välillä.	55	55
Asuinhuoneiston ja huoneistoon kuulumattoman tilan välillä.	55	55
Asuinkerrostalot		
Asuinhuoneistojen välillä.	52	53
Asuinhuoneiston ja huoneistoon kuulumattoman tilan välillä.	52	53

Taulukko L1.19. Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ enimmäisarvot. [35]

LIITE I/13

	Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ enimmäisarvot [dB]	
Rivitalot ja muut kytketyt pientalot		
Asuinhuoneistojen välillä.	58	
Asuinkerrostalot		
Asuinhuoneistojen välillä.	58	

Vaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi

Vaatimusten muunto vuoden 1998 menetelmien tasoon voidaan tehdä, kun oletetaan mitatun käyrän mukailleen mahdollisimman hyvin vaatimuskäyrän muotoa, koska vertailukäyrien muodot olivat samat kuin nykyään – mikäli mittauskäyrä poikkesi vaatimuskäyrästä paljon yksittäisessä kohdassa, voidaan vaatimusta nostaa. Mikäli mittauskäyrä poikkesi tasaisesti vertailukäyrästä yhteensä alle 32 dB, voidaan karkeasti olettaa, että vaatimus vastaa vuoden 1998 menetelmää, koska mittausmenetelmät ja vertailukäyrät ovat samat. Asuinkerrostalojen vaatimukset asuinhuoneistojen välillä muunnettuina nykyisiä menetelmiä vastaaviksi on esitetty taulukoissa L1.20.

Taulukko L1.20. Asuinkerrostalojen huoneistojen väliset ääneneristysvaatimukset muunnettuina vuoden 1998 menetelmien mukaisiksi.

Vaakasuntainen ilmaääneneristysluku R'_w [dB]	52
Pystysuntainen ilmaääneneristysluku R'_w [dB]	53
Pystysuntainen askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ [dB]	58

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C5, 1985

Ilmaääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu ilmaääneneristävyys R' [dB] saatiin yhtälöstä:

$$R' = L'_1 - L'_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{Liite 1.10})$$

jossa

L'_1 ja L'_2 ovat kolmannesoktaavikaistoittain mitatut keskimääräiset äänenpainetasot [dB] lähetyks- ja vastaanottohuoneissa,

S on tutkittavan rakennusosan pinta-ala [m²] ja

A on vastaanottohuoneen absorptioala [m²].

Mikäli yhteinen rakennusosan ala S huoneiden välillä oli pienempi kuin 10 m² tai jos yhteistä rakennusosaa ei ollut, valittiin S :n arvoksi 10 m². [38]

LIITE 1/14 Ilmaääneneristysluku R'_w osoitti rakennuksessa kahden huoneen välillä mitattua ja äänen-
eristävyyden vertailukäyrään vertailemalla laskettua ilmaääneneristystä. R'_w :n arvoa laskettaessa
siirrettiin äänen-eristävyyden vertailukäyrää 1 dB portain asemaan, jossa siirretyn vertailu-
käyrän ja mitatun käyrän vastinarvojen erotukset vertailukäyrän alapuolella olivat yhteensä
enintään 32 dB. Jos yksittäinen poikkeama vertailukäyrän alapuolella jollakin taajuudella ylitti
8 dB, määritettiin vertailukelpoinen ilmaääneneristysluku siten, että vertailukäyrän ja mitatun
käyrän erotusten summan vertailukäyrän alapuolella tuli olla enintään 24 dB ja yksittäisen
poikkeaman suurin sallittu suuruus vertailukäyrän alapuolella oli 12 dB. R'_w saatiin lukemalla
ylimmässä mahdollisessa ehdot täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n
kohdalta. [38] Ilmaääneneristävyyksien vertailukäyrä luvun R'_w ollessa 52 dB on esitetty tau-
lukossa L1.21.

Taulukko L1.21. Rakennuksessa mitattujen ilmaääneneristävyyksien vertailukäyrä. [38]

Kolmannesoktaavikaistan keskitäajuus [Hz]																
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Käyrän arvo [dB]	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Askelääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu askeläänentaso L'_n tarkoitti äänenpainetasoa, joka vallitsi jossakin
vastaanottohuoneessa, kun standardisoitu askeläänikoje löi tutkittavaan rakenneosaan. As-
keläänentaso L'_n [dB] saatiin yhtälöstä:

$$L'_n = L'_i + 10\log_{10}\left(\frac{A}{10}\right) \tag{Liite 1.11}$$

jossa
 L'_i on vastaanottohuoneen keskimääräinen äänenpainetaso kolmannesoktaaveittain
[dB],
 A on vastaanottohuoneen absorptioala [m²].

Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ kuvasi huoneessa vallitsevaa äänenpainetasoa, kun standardoitu askel-
äänikoje löi tutkittavaan rakennusosaan. Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ saatiin, kun vertailukäyrää
siirretään 1 dB portain sellaiseen asemaan, jossa vertailukäyrän ja mitatun käyrän vastinarvojen
erotukset vertailukäyrän yläpuolella olivat yhteensä enintään 32 dB. Jos yksittäinen poikkeama
vertailukäyrän yläpuolella jollakin taajuudella ylitti 8 dB, määritettiin vertailukelpoinen aske-
läänitasoluku siten, että vertailukäyrän ja mitatun käyrän erotusten summan vertailukäyrän
yläpuolella tuli olla enintään 24 dB ja yksittäisen poikkeaman suurin sallittu suuruus vertai-
lukäyrän yläpuolella oli 12 dB. $L'_{n,w}$:n arvo saatiin lukemalla alimmassa mahdollisessa ehdot
täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n kohdalta. [38] Askeläänitasojen
vertailukäyrä luvun $L'_{n,w}$ ollessa 58 dB on esitetty taulukossa L1.22.

Taulukko L1.22. Rakennuksessa mitattujen askeläänentasojen vertailukäyrä. [38]

Kolmannesoktaavikaistan keskitäajuus [Hz]															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2500	3150
Käyrän arvo [dB]	60	60	60	60	60	60	59	58	57	56	55	52	49	46	43

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1, 1998

Mittaukset suoritetaan standardeissa SFS-EN ISO 140-3 ja ISO 140-4, 6, 7 esitettyjen mittausmenetelmien mukaan kolmannesoktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz, kuten standardissa IEC 225 on esitetty. Mittaustulokset esitetään standardien SFS-EN ISO 717. Mittaustuloksista määritetään standardin mukaisesti ilmaääneneristysluvun R'_w ja askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ arvot. [36]

Ilmaääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu ääneneristävyys R' [dB] saadaan yhtälöstä:

$$R' = L'_1 - L'_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{Liite 1.12})$$

jossa

L'_1 ja L'_2 ovat kolmannesoktaavikaistoittain mitatut keskimääräiset äänenpainetasot [dB] lähetyk- ja vastaanottohuoneissa,

S on tutkittavan rakennusosan pinta-ala [m²] ja

A on vastaanottohuoneen absorptioala [m²].

Ilmaääneneristysluku R'_w osoittaa rakennuksessa kahden huoneen välillä mitattua ja ääneneristävyyden vertailukäyrään vertailemalla laskettua ilmaääneneristystä. R'_w :n arvoa laskettaessa siirretään ääneneristävyyden vertailukäyrää 1 dB portain asemaan, jossa siirretyn vertailukäyrän ja mitatun käyrän vastinarvojen erotukset vertailukäyrän alapuolella ovat yhteensä enintään 32 dB. R'_w saadaan lukemalla ylimmässä mahdollisessa ehdot täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n kohdalta. [9] Ilmaääneneristävyyksien vertailukäyrä luvun R'_w ollessa 55 dB on esitetty taulukossa L1.23.

Taulukko L1.23. Rakennuksessa mitattujen ilmaääneneristävyyksien vertailukäyrä. [9]

Kolmannesoktaavikaistan keskitäajuus [Hz]															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Käyrän arvo [dB]	36	39	42	45	48	51	54	55	56	57	58	59	59	59	59

LIITE I/16 Askelääneneristävyys

Rakennuksessa mitattu askeläänitaso L'_n tarkoittaa äänenpainetasoa, joka vallitsee jossakin vastaanottohuoneessa, kun standardisoitu askeläänikoje lyö tutkittavaan rakenneosaan. Askeläänitaso L'_n [dB] saadaan yhtälöstä:

$$L'_n = L'_i + 10\log_{10}\left(\frac{A}{10}\right)$$
(Liite 1.13)

jossa
 L'_i on vastaanottohuoneen keskimääräinen äänenpainetaso kolmannesoktaaveittain [dB],
 A on vastaanottohuoneen absorptioala [m²].

Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ kuvaa huoneessa vallitsevaa äänenpainetasoa, kun standardoitu askeläänikoje lyö tutkittavaan rakennusosaan. Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ saadaan, kun vertailukäyrää siirretään 1 dB portain sellaiseen asemaan, jossa vertailukäyrän ja mitatun käyrän vastinartojen erotukset vertailukäyrän yläpuolella ovat yhteensä enintään 32 dB. $L'_{n,w}$:n arvo saadaan lukemalla alimmassa mahdollisessa ehdot täyttävässä kohdassa olevalta vertailukäyrältä arvo 500 Hz:n kohdalta. [9] Askeläänitasojen vertailukäyrä luvun $L'_{n,w}$ ollessa 53 dB on esitetty taulukossa L1.24.

Taulukko L1.24. Rakennuksessa mitattujen askeläänitasojen vertailukäyrä. [9]

Kolmannesoktaavikaistan keskitaajuus [Hz]																
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Käyrän arvo [dB]	55	55	55	55	55	55	54	53	52	51	50	47	44	41	38	35

Vaatimukset

Ilmääneneristävyysvaatimukset annettiin vaaka- ja pystysuuntaan ja askelääneneristävyysvaatimukset pystysuuntaan. Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, että taulukossa L1.25 esitettyjä ilmääneneristyslukuja R'_w ei aliteta eikä taulukossa L1.26 esitettyjä askeläänitasolukuja $L'_{n,w}$ ylitetä. [38]

Taulukko L1.25. Ilmääneneristysluvun R'_w vähimmäisvaatimukset. [36]

	Ilmääneneristysluvun R'_w vähimmäisarvot [dB]
Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä.	55
Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi.	39

Taulukko L1.26. Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ enimmäisvaatimukset. [36]

LIITE 1/17

	Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ enimmäisarvot [dB]
Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön tai muuhun asuinhuoneeseen, yleensä.	53
Uloskäytävästä asuinhuoneeseen.	63

SFS 5907:2004, Rakennusten akustinen luokitus

Tilojen akustinen luokitus asuinhuoneistoissa

Standardissa esitetään suositusarvoja asuinrakennusten huoneistojen väliselle ja huoneiston ja uloskäytävän väliselle ilma- ja askelääneneristykselle. Standardissa käytetään akustista luokitusta, jossa tilat jaetaan luokkiin A, B, C ja D, joista C vastaa vähimmäistasoa ja asuinhuoneistojen tapauksessa vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osan C1 mukaista vaatimustasoa. Luokat A ja B vastaavat akustisilta ominaisuuksiltaan tavanomaisia rakennuksia parempaa tasoa. Luokka D on tarkoitettu vanhoja rakennuksia varten, kun vanhan rakennuksen akustisia ominaisuuksia halutaan todentaa mittaamalla. Standardissa esiintyvät suositukset asuntojen ilmäääneneristykselle on esitetty taulukossa L1.27 ja askelääneneristykselle taulukossa L1.28 akustisissa luokissa A...D. [32]

Taulukko L1.27. Pienimmät sallitut ilmäääneneristysluvun R'_w tai ilmäääneneristysluvun ja spektripainotusterman $C_{50-3150}$ summan arvot luokittain [dB]. [32]

Tila	Luokka A $R'_w + C_{50-3150}$	Luokka B $R'_w + C_{50-3150}$	Luokka C R'_w	Luokka D R'_w
Kahden asuinhuoneiston välillä ja asuinhuoneiston ympäröivien tilojen välillä yleensä.	63	58	55	49
Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi.	44	39	39	34

Taulukko L1.28. Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ tai askeläänitasoluvun ja spektripainotusterman $C_{1,50-2500}$ summan arvot luokittain [dB]. Spektripainotusterman ollessa negatiivinen askeläänitasoluku yksinään ei saa ylittää taulukon arvoja. [32]

Tila	Luokka A $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$	Luokka B $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$	Luokka C $L'_{n,w}$	Luokka D $L'_{n,w}$
Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista asuinhuoneeseen tai keittiöön, yleensä.	43	49	53	63
Toista huoneistoa palvelevasta uloskäytävästä asuinhuoneistoon.	49	53	63	68

LIITE 2:

Ääneneristävyyssarvojen määrittäminen vuosien 1955 ja 1960 mukaisista arvoista vuoden 1998 määräysten mukaisiksi

Ilmaääneneristävyyden muuntotermi $\Delta R'$ [dB], kun tulokset muunnetaan vuosien 1955 ja 1960 ohjeiden mukaisista arvoista R'_{vanha} [dB] vuonna 1998 asetettujen määräysten mukaisiksi R'_{uusi} [dB], saadaan seuraavasti:

$$\begin{aligned}\Delta R' &= R'_{\text{uusi}} - R'_{\text{vanha}} \\ &= \left(L'_{1,\text{uusi}} - L'_{2,\text{uusi}} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) \right) - \left(L'_{1,\text{vanha}} - L'_{2,\text{vanha}} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{ST_0}{AT} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{0,5 \cdot S}{0,16 \cdot \frac{V}{T} \cdot T} \right) \\ &= 10 \log_{10}(3,125) + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{V} \right) \approx 4,95 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{V} \right) \quad (\text{Liite 2.1})\end{aligned}$$

kun

$A = 0,16 \frac{V}{T}$ Sabinen kaavan mukaisesti,
 T_0 on vertailujälkikaiunta-aika 0,5 s,
 $L'_{1,\text{uusi}} = L'_{1,\text{vanha}}$ ja $L'_{2,\text{uusi}} = L'_{2,\text{vanha}}$. [15]

Askeläänenpainetason muuntotermi $\Delta L'_n$ [dB], kun tulokset muunnetaan vuosien 1955 ja 1960 ohjeiden mukaisista arvoista $L'_{n, vanha}$ [dB] vuonna 1998 asetettujen määräysten mukaisiksi $L'_{n, uusi}$ [dB], saadaan seuraavasti: LIITE 2/2

$$\begin{aligned}
 \Delta L'_n &= L'_{n, uusi} - L'_{n, vanha} \\
 &= \left(L'_{i, uusi} + 10 \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right) \right) - \left(L'_{i, vanha} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \right) \\
 &= 10 \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{AT}{A_0 T_0} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{0,16 \frac{V}{T} \cdot T}{10 \cdot 0,5} \right) \\
 &= 10 \log_{10}(0,032) + 10 \log_{10}(V) \approx -14,95 + 10 \log_{10}(V)
 \end{aligned}
 \tag{Liite 2.2}$$

kun

$A = 0,16 \frac{V}{T}$ Sabinen kaavan mukaisesti,
 A_0 on vertailuabsorptioala 10 m^2 ,
 T_0 on vertailujälkikaiunta-aika $0,5 \text{ s}$ ja
 $L'_{i, uusi} = L'_{i, vanha}$ [15]

LIITE 3:Ääneneristystutkimusten tulokset

Huoneistojen välinen ilmaääneneristävyys vaakasuunnassa

Taulukossa L3.1 on esitetty eri aikakausille saadut huoneistojen väliset vaakasuuntaiset ilmaääneneristysluvut R'_w [dB] ja saatuja tuloksia vastaavat lukumäärät. Ne arvot ja niitä vastaavat lukumäärät, jotka eivät täyttäneet taulukossa 5.1 esitettyjä aikakautensa muunnettuja vaatimuksia, on merkitty taulukoihin kursiivilla. Tässä esitetyt tulokset on määritetty tutkimuksissa [1, 2, 7, 11, 13, 17, 33, 39] esitetystä tuloksista.

Taulukko L3.1. Huoneistojen väliset vaakasuuntaan mitatut ilmaääneneristysluvut ja vastaavat lukumäärät vuosina 1955–2008. [14]

R'_w [dB]	1955–1959	1960–1967	1967–1976	1976–1999	2000–2008
42	I	I			
43					
44		I			
45	I				
46	I				
47					
48					
49		I	I		
50	I	I	I	I	
51	I	6	I	I	
52	I	2	I	I	
53		I	I	2	
54		3		4	
55	4			3	I
56	4			4	3
57	7	I		4	3
58		I			3
59			I	I	4
60		I			
61				I	
62					
Yhteensä	21	19	6	22	14

Taulukossa L3.2 on esitetty eri aikakausille saadut huoneistojen väliset pystysuuntaiset ilmaääneneristysluvut R'_w [dB] ja saatuja tuloksia vastaavat lukumäärät. Ne arvot ja niitä vastaavat lukumäärät, jotka eivät täyttäneet taulukossa 5.1 esitettyjä aikakautensa muunnettuja vaatimuksia, on merkitty taulukoihin kursivilla. Tässä esitetyt tulokset on määritetty tutkimuksissa [1, 2, 7, 11, 13, 17, 33, 39] esitetystä tuloksista.

Taulukko L3.2. Huoneistojen väliset pystysuuntaan mitatut ilmaääneneristysluvut ja vastaavat lukumäärät vuosina 1955–2008. [14]

R'_w [dB]	1955–1959	1960–1967	1967–1976	1976–1999	2000–2008
42					
43					
44			2		
45				2	
46			2		
47				1	
48	1				
49			1	2	
50			1	1	
51	2		2	2	
52	1		1	6	
53	1		2	6	1
54			4	6	1
55	3		3	1	5
56	4		3	8	5
57				5	11
58	1		1	4	6
59	1			2	5
60	1				1
61					2
62					1
Yhteensä	15	0	22	46	38

LIITE 3/3 Huoneistojen välinen askelääneneristävyys pystysuunnassa

Taulukossa L3.3 on esitetty eri aikakausille saadut huoneistojen väliset pystysuuntaiset askeläänitasoluvut $L'_{n,w}$ [dB] ja saatuja tuloksia vastaavat lukumäärät. Ne arvot ja niitä vastaavat lukumäärät, jotka eivät täyttäneet taulukossa 5.1 esitettyjä aikakautensa muunnettuja vaatimuksia, on merkitty taulukoihin kursiivilla. Tässä esitetyt tulokset on määritetty tutkimuksissa [1, 2, 7, 11, 13, 17, 33, 39] esitetyistä tuloksista.

Taulukko LC.3. Huoneistojen väliset pystysuuntaan mitatut askeläänitasoluvut ja vastaavat lukumäärät vuosina 1955–2008. [14]

LIITE 3/4

L' _{n,w} [dB]	1955–1959	1960–1967	1967–1976	1976–1999	2000–2008
36					1
37					1
38					1
39			1		
40					1
41			1		1
42					5
43					4
44					3
45					4
46				1	4
47		1			6
48		2	1		12
49		3			13
50	3	5	1		15
51	1	4	1		20
52	1	3		2	14
53	1	7	1	4	13
54		7		1	4
55		8	2	3	4
56	3	3		3	1
57	2	3	2	1	
58	2	7	5	2	
59	1	4	5		
60	2	3	6	1	
61	1	2	2		
62	1	1	1	1	
63			3	1	
64	1				
65	2	1			
66		1			
67					
68		1			
69					
70					
71					
72			1		
Yhteensä	21	66	33	20	127

KUVAILEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Rakennetun ympäristön osasto	Julkaisu-aika Tammikuu 2014		
Tekijä(t)	Jesse Lietzén ja Mikko Kylliäinen			
Julkaisun nimi	Asuinkerrostalojen ääneneristävyvyyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöhallinnon ohjeita I / 2014			
Julkaisun teema	Rakennettu ympäristö			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Ohje tarjoaa suunnittelijoille ja rakennusvalvontaviranomaisille tietoa siitä, miten eri aikakausina noudatettuja ääneneristysmääräyksiä voidaan tulkita, kun arvioidaan asuinhuoneiston ääneneristävyvyyttä. Myös eri aikakausina voimassa olleet ääneneristysmääräykset on esitetty kootusti ja tiivistetysti oppaan liitteenä. Koska määräyksissä ja suosituksissa esitetyt mittalukujen laskentamenetelmät ovat muuttuneet, eri aikakausina saatuja mittaustuloksia ei voida aina suoraan verrata keskenään, vaikka tulosten merkintätapa olisikin sama. Ohjeessa esitetään menetelmä, jolla vuodesta 1955 lähtien tehtyjen ääneneristystutkimusten tulokset ja vaatimustaso saadaan vertailukelpoisiksi keskenään. Ohjeessa esitetään lisäksi, miten eri aikakausina annetut rakennusten ääneneristystä koskevat määräykset ja suositukset ovat muuttuneet ajan saatossa niissä esitetyine menetelmineen ja vaatimustasoineen.</p> <p>Ohjetta voivat hyödyntää myös taloyhtiöt, isännöitsijät sekä asuntojen ostajat, joille ääneneristävyys on ostopäätöstä tehtäessä tärkeä valintaperuste. Ohjeessa esitetään, miten asuinhuoneistojen välinen ääneneristävyys on kerrostaloissa kehittynyt 1950-luvulta 2000-luvulle. Esitetyt tulokset koskevat pääasiassa betoni-rakenteisten asuinkerrostalojen ääneneristystä. Ohjeessa on lisäksi esitetty ohjeita ääneneristyksestä korjaushankkeissa. Sen yhteydessä on esitetty joitakin tavanomaisia rakennusten korjaus- ja muutostöihin liittyviä tilanteita, joissa ääneneristävyys on otettava huomioon.</p>			
Asiasanat	Rakennusakustiikka, rakentaminen, rakennusfysiikka, ääneneristys, meluntorjunta, Suomen rakennusmääräyskokoelma C1, asuinkerrostalot			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö			
		ISBN 978-952-11-4255-0 (PDF)		
		ISSN 1796-1653 (verkkoi.)		
	Sivuja 68	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	
Julkaisun myynti/ jakaja	Julkaisu on saatavana vain internetist.ä: www.ym.fi/julkaisut			
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö			
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2014			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Avdelningen för den byggda miljön	Datum Januari 2014
Författare	Jesse Lietzén ja Mikko Kylliäinen	
Publikationens titel	Asuinkerrostalojen ääneneristävyiden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella (jämförelse av ljudisoleringen i höghus på basis av gamla mätresultat)	
Publikationsserie och nummer	Miljöförvaltningens anvisningar I 2014	
Publikationens tema	Byggd miljö	
Publikationens delar/andra publikationer inom samma projekt		
Sammandrag	<p>Denna anvisning ger planerare och byggnadstillsynsmyndigheter information om hur de föreskrifter om ljudisolering som iakttagits under olika decennier kan tolkas när man beräknar ljudreduktionstalet för en bostadslägenhet. De ljudisoleringsföreskrifter som gällt i olika skeden presenteras också i en bilaga till anvisningen. Eftersom de metoder för beräkning av ljudreduktionstal som anges i föreskrifterna och rekommendationerna har förändrats, är mätresultaten från olika tidsperioder inte direkt jämförbara, även om resultaten antecknats på samma sätt. I anvisningen presenteras en metod som gör det möjligt att jämföra resultat från olika ljudisoleringsundersökningar som gjorts från och med 1955, liksom även kravnivåerna i dessa undersökningar. I anvisningen beskrivs dessutom hur de föreskrifter och rekommendationer om ljudisolering av byggnader som utfärdats under olika perioder har förändrats med tiden samt de metoder och kravnivåer som presenteras i föreskrifterna och rekommendationerna.</p> <p>Anvisningen kan också vara till nytta för husbolag och disponenter samt för bostadsköpare som vid köpet också har ljudisolering som ett viktigt kriterium. Anvisningen beskriver hur ljudisoleringen mellan bostadslägenheter i höghus har utvecklats från 1950-talet till 2000-talet. De resultat som läggs fram gäller huvudsakligen ljudisolering i höghus med betongkonstruktion. Handledningen innehåller dessutom anvisningar om ljudisolering vid ombyggnad och reparationer. I samband med det nämns några vanliga situationer där ljudreduktionstalet i byggnaderna ska beaktas i ombyggnadsarbetet.</p>	
Nyckelord	Byggnadsakustik, byggande, byggnadsfysik, ljudisolering, bullerbekämpning, Finlands byggbestämmelsesamling, del I, höghus	
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet	
	ISBN 978-952-11-4255-0 (PDF)	
	ISSN 1796-1653 (online)	
	Sidantal 68	Språk Finska
Beställningar/distribution	Publikationen finns tillgänglig endast på internet: www.ym.fi/julkaisut	
Förläggare	Miljöministeriet	
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2014	

DOCUMENTATION PAGE

Publisher	Ministry of the Environment Department of the Built Environment		Date January 2014	
Author(s)	Jesse Lietzén ja Mikko Kylliäinen			
Title of publication	Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella (Comparison of sound insulation in multi-storey apartment buildings on the basis of old measurement results)			
Publication series and number	Environmental Administration Guidelines I 2014			
Theme of publication	Built environment			
Parts of publication/ other project publications				
Abstract	<p>The guidelines provide designers and building inspectors with information about how to interpret the earlier requirements for sound insulation, when the sound insulation of apartments is being evaluated. The provisions on sound insulation from earlier decades are included in an attachment to the guidelines. Because the provisions on and recommendations for calculating the sound reduction index for evaluating sound insulation have been changed, the results of sound insulation measurements carried out in the past cannot be directly compared with each other, even if the way the results are recorded is the same. The guidelines present a method by which the results from 1955 for sound insulation measurements and standards can be compared. The guidelines also show how the provisions and recommendations for sound insulation in buildings have changed over time, as well as how the methods and recommendations have changed.</p> <p>The guidelines can be used by housing companies, building managers, and customers planning to buy a flat, when the question of sound insulation is an important factor in their decision to buy. The guidelines show how the sound insulation of multi-storey apartment buildings has changed from the 1950s to the 2000s. The results mainly concern multi-storey buildings with concrete structures. In addition, the guidelines present some instructions for taking sound insulation into account in repair work. Examples are also given regarding general repair and renovation work where the sound reduction index has to be taken into account.</p>			
Keywords	Building acoustics, construction, building physics, sound insulation, noise control, National Building Code of Finland Part C1, multi-storey apartment buildings			
Financier/ commissionere	Ministry of the Environment			
			ISBN 978-952-11-4255-0 PDF)	
	I		ISSN 1796-1653 (online)	
	No. of pages 68	Language Finnish	Restrictions For public use	
For sale at/ distributor	The publication is available only on the internet: www.ym.fi/julkaisut			
Financier of publication	Ministry of the Environment			
Printing place and year	Helsinki 2014			

Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, että ääniolosuhteet ovat asumisterveyden ja -viihtyisyyden kannalta riittävät. Rakenteiden ja rakennusosien tarkoituksenmukaiset ääneneristävydet ovat keskeisiä tämän toteutumiseksi.

Tässä ohjeessa tarkastellaan eri aikakausien ääneneristystutkimusten tulosten vertailukelpoisuutta ja niiden vertailukelpoiseksi saattamista. Tämän lisäksi on esitetty katsaus ääniteknisessä sääntelyssä ja ohjeistuksessa tapahtuneista muutoksista, sekä Suomen ääneneristys- ja meluntorjuntamääräyksistä rakennuksessa.

Ohje on tarkoitettu suunnittelijoiden, rakennusvalvontaviranomaisten, taloyhtiöiden, isännöitsijöiden ja asuntojen ostajien tarpeisiin.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment